

LIITE I

**Metsäteollisuuden BAT-päivät Äänekoskella
30.9.2014 - esitykset**



Metsäteollisuuden BAT-päivät

Aika: 30.9.–1.10.2014

Paikka: Jyväskylä

OHJELMA, TIISTAI 30.9.

Paikka: Äänekosken kaupungin valtuustosali, Hallintokatu 4, Äänekoski

HUOM! Bussikuljetus Äänekoskelle hotelli Scandic Jyväskylän edestä klo 8:45.

Päivän puheenjohtajana ympäristöpäällikkö Timo Kanerva, Metsä Group

9:30 Ilmoittautuminen ja aamukahvi

10:00 Tervetuloa ja avauspuheenvuoro

MF Äänekosken tehtaan ajankohtaiset kuulumiset, Sari Tupitsa ja
Johanna Harjula, Metsä Fibre

10:30 Päivän teeman esittely
BAT-päätelmät

- Yleistä BAT:sta, Kaj Forsius, SYKE
- Massa- ja paperiteollisuuden BAT: päätelmät ja poikkeukset, Timo Jouttijärvi, SYKE
- BAT-poikkeamaohje, Jaakko Kuisma, YM
- BAT ja luvituksen aikataulut, Harri Majander, ESAVI

12:00 Lounastauko

13:00 Metsäteollisuuden näkemykset ja kysymykset BAT-päätelmistä,
Metsäteollisuus ry, Fredrik Blomfelt
Keskustelua BAT-kysymyksistä

- Päätelmien soveltaminen
- Päästöraja-arvot
- BAT-poikkeukset
- Muut asiat

14:30 Kahvitauko

15:00 BAT-kysymysten käsittely jatkuu

16:00 Tehdaskierros, Metsä Fibre Äänekoski, tehtaanjohtaja Camilla Wikström
ja käyttöpäällikkö Jouko Kautto. Bussikuljetus.



17:00 Päätös

Siirtyminen bussilla hotelli Scandic Jyväskylään, josta jatketaan iltatilaisuuteen Keski-Suomen ELY-keskuksen tiloihin.

OHJELMA, KESKIVIIKKO 1.10.

Paikka: Keski-Suomen Ely-keskus, kokoushuone Anni, Cygnaeuksenkatu 1, Jyväskylä

Päivän puheenjohtajana ympäristönsuojelupäällikkö Jaakko Vesivalo, Kaakkois-Suomen ELY

- 9:00 Avaus, johtaja Kari Lehtinen, Keski-Suomen ELY
- 9:15 YM:n ajankohtaisia kuulumisia, YM:n edustaja
- 9:45 Metsäteollisuuden ajankohtaisia kuulumisia, KAS ELY:n edustaja
- 10:15 Metsäteollisuuden BAT
- Edellisen päivän keskustelun antia

Tauko

- 10:45 Puheenvuoroja ja keskustelua (AVIt ja ELYt)
- Tehtaiden lupatilanne
 - Metsäteollisuuteen liittyvät työryhmät
 - Metsäteollisuuden ympäristöstrategian jalkauttaminen
 - o mm. asiantuntijapaneeli
 - Muut asiat

11:30 Lounastauko

- 12:30 Puheenvuorot jatkuvat
- 13:15 Loppukeskustelu

13:30 Päätöskahvit



Metsä Fibre - Vahvaa kuituosaamista

Tavoitteena tapaturmattomuus

- Turvallinen työympäristö on toimintamme perusedellytys. Metsä Fibren tavoitteena on nolla tapaturmaa koko tehdasalueella – tämä koskeen niin omaa henkilöstöä, palvelutoimittajia kuin vieraitammekin.
- Toimimme turvallisuusjohtamisen periaatteiden mukaisesti. Sen punainen lanka on tapaturmaton työpaikka ja ennakoiva turvallisuus.
- Tarkempia ohjeita saat vierailun isännältä.

METSÄLIITTO OSUUSKUNTA

KONSERNIN EMOYRITYS

OMISTAJINA 123 000 SUOMALAISTA METSÄNOMISTAJAA



METSÄ TISSUE

**PEHMO- JA
RUOANLAITTO-
PAPERIT**

LIKEVAIHTO
1,0 MRD. EUROA

HENKILÖSTÖ
2 800

METSÄLIITTO OSUUSKUNTA
OMISTAA 91 %



METSÄ BOARD

**KARTONKI
JA PAPERI**

LIKEVAIHTO
2,0 MRD. EUROA

HENKILÖSTÖ
3 100

METSÄLIITTO OSUUSKUNTA
OMISTAA 42,8% (OSUUS
ÄÄNIMÄÄRÄSTÄ 62,2%)



METSÄ FIBRE

SELLU

LIKEVAIHTO
1,3 MRD. EUROA

HENKILÖSTÖ
900

METSÄLIITTO OSUUSKUNTA
OMISTAA 50,2%, METSÄ BOARD
24,9%, ITOCHU CORP. 24,9%



METSÄ WOOD

PUUTUOTTEET

LIKEVAIHTO
0,9 MRD. EUROA

HENKILÖSTÖ
2 500

METSÄLIITTO OSUUSKUNTA
OMISTAA 100 %



METSÄ FOREST

**PUUNHANKINTA
JA METSÄ-
PALVELUT**

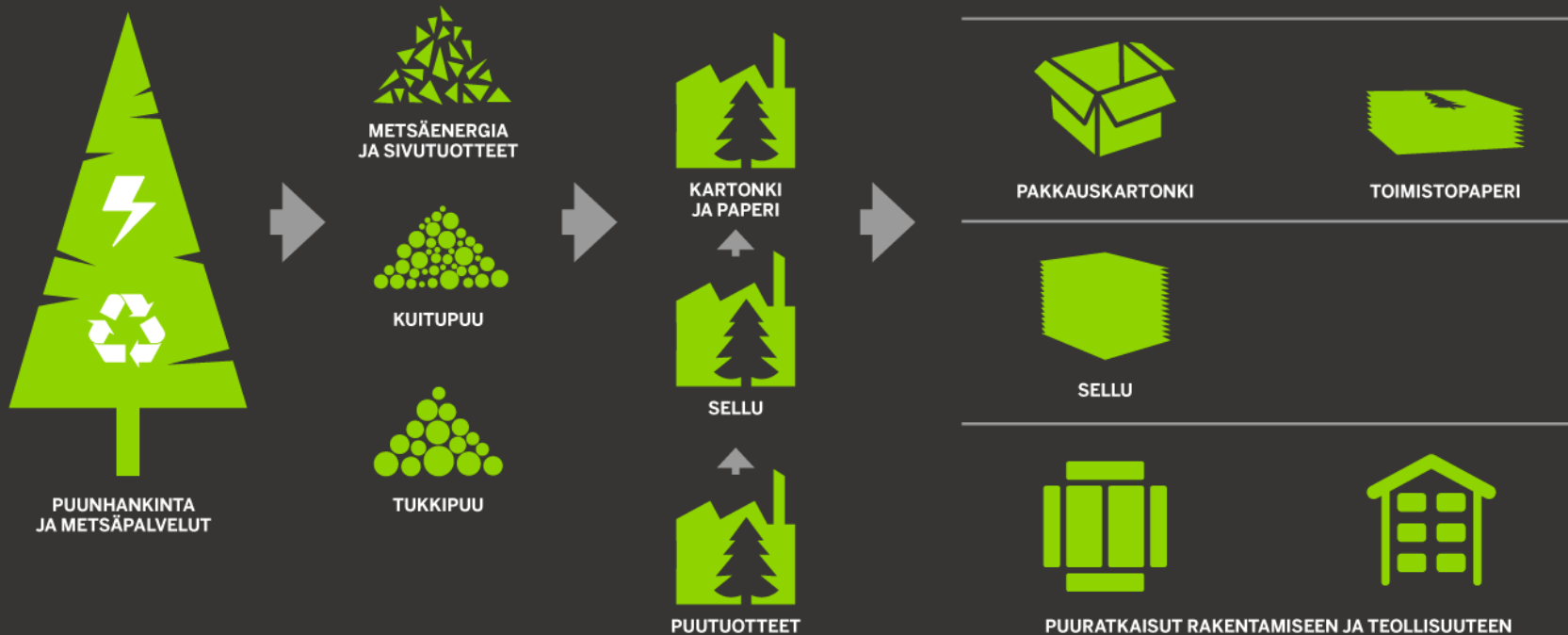
LIKEVAIHTO
1,6 MRD. EUROA

HENKILÖSTÖ
900

METSÄLIITTO OSUUSKUNTA
OMISTAA 100 %

2013

JALOSTAMME POHJOISEN PUUN HUIPPUTUOTTEIKSI



Olemme Metsä Fibre – Tuotemerkkimme on Botnia

	Liikevaihto	1 313 milj. euroa
	Liikevoitto ilman kertaluonteisia eriä	197 milj. euroa
	Henkilöstö vuoden lopussa	Noin 870
	Sellukapasiteetti	2,460 milj. tn/v
	Puunkäyttö	12,5 milj. m ³
	Sähköenergian omavaraisuusaste	144 %



Metsä Fibre on maailman johtavia havuselluntuottajia.

Yhtiön Botnia-sellut on kehitetty korkealaatuisen pehmo- ja painopaperin, erikoistuotteiden sekä kartongin valmistukseen.

Metsä Fibrellä on neljä sellutehdasta Suomessa. Liikevaihto vuonna 2013 oli 1,3 miljardia euroa, ja yhtiö työllistää noin 900 henkilöä.

Kansainvälinen ja uudistuva



● **TUOTANTOLAITOKSET:**
JOUTSENON SELLUTEHDAS
KEMIN SELLUTEHDAS
RAUMAN SELLUTEHDAS
ÄÄNEKOSKEN SELLUTEHDAS

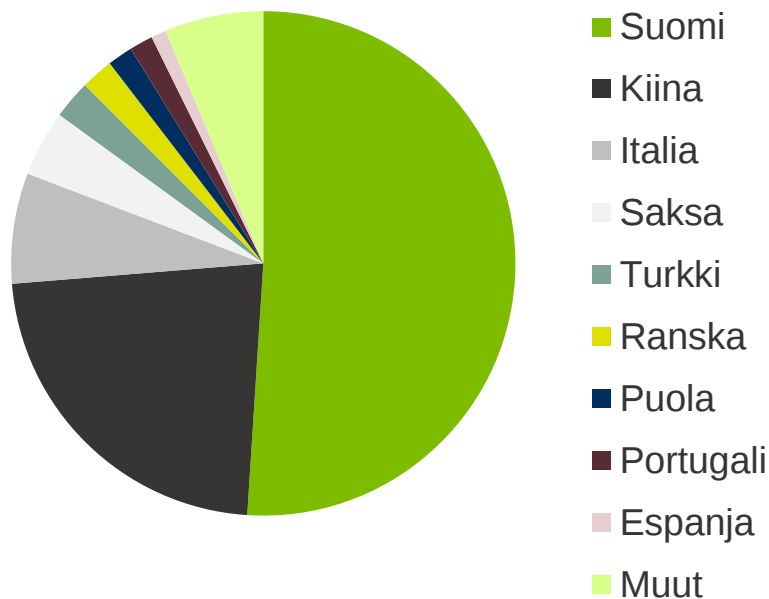
● METSÄ SVIRIN SAHA, VENÄJÄ

● **MYYNKONTTORIT:**
MILANO, ITALIA
SHANGHAI, KIINA
WIESBADEN, SAKSA

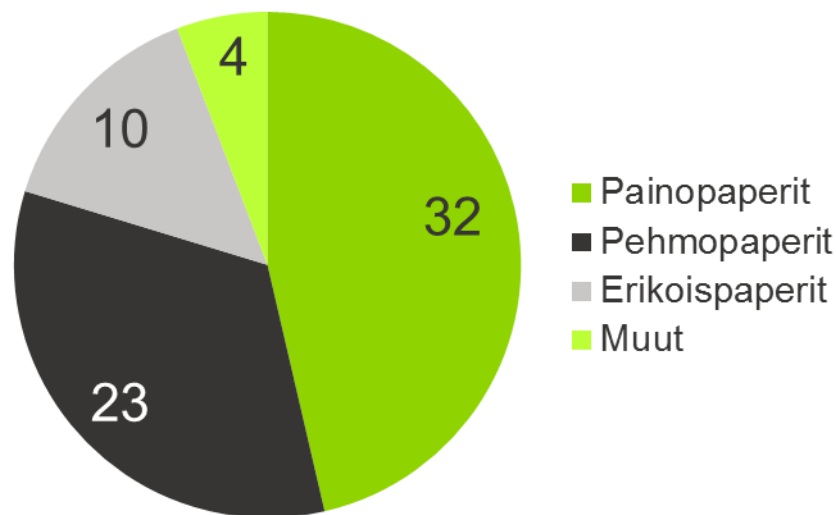


Toimimme globaaleilla sellumarkkinoilla

Sellutoimitukset 2013



Sellujen loppukäyttö, %



Lopputuotteet

BOTNIA-TUOTEPERHE

SELLU

Havusellu: Botnia Nordic Pine
Lehtipuusellu: Botnia Nordic Birch
Armeeraussellu: Botnia Nordic Strong
High yield -sellu: Botnia High Yield
Polysulfidisellu: Botnia Nordic Pine+ ja
Botnia Nordic Strong+

90%

BIOKEMIKAALIT

mäntyöljy: Botnia Nordic CTO
tärpätti: Botnia Nordic CST

4%

BIOENERGIA

sähkö
Lämpö
höyry
Kuori
puru

6%

LOPPU-TUOTTEET



Pehmopaperit
Kartonki
Erikoistuotteet
Painopaperi



Kemianteollisuuden
erikoistuotteet ja
biopolttoaineet



Bioenergia

PALVELUT

Hallitsemme koko
toimitusketjun

KUITUOSAAMINEN

LOGISTIIKKA JA
VARASTOINTI

KEHITYSPROJEKTIT
ASIAKKAAN KANSSA

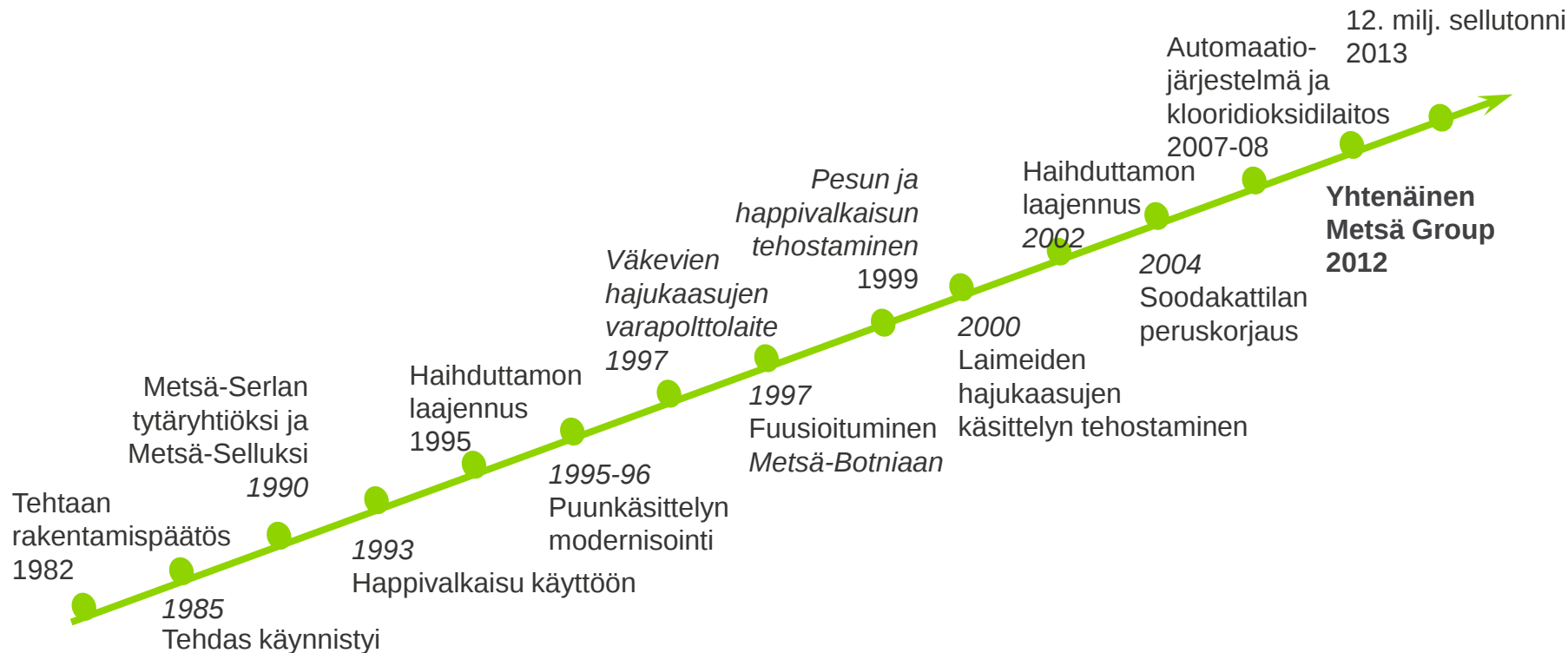
Äänekosken tehdasintegraatti



Metsä Fibre Äänekosken tehdas



Äänekosken tehtaan virstanpylväät



Metsä Fibren Äänekosken tehdas

- Tuotantokapasiteetti 530 000 tonnia / vuosi
- Viennin osuus noin 18 %
- Puun käyttö 2,4 milj. m³ / vuosi
- ECF-valkaistua havu- ja lehtisellua
 - Botnia Nordic Pine AKI
 - Botnia Nordic Birch AKI
- Tehdas edustaa perusratkaisuiltaan parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa ja lukeutuu Suomen energiayliomavaraisimpiin sellutehtaisiin.
- Äänekosken tehtaan energiaomavaraisuus 121 %.



Metsä Fibre Äänekosken tehdas

Puun käyttö



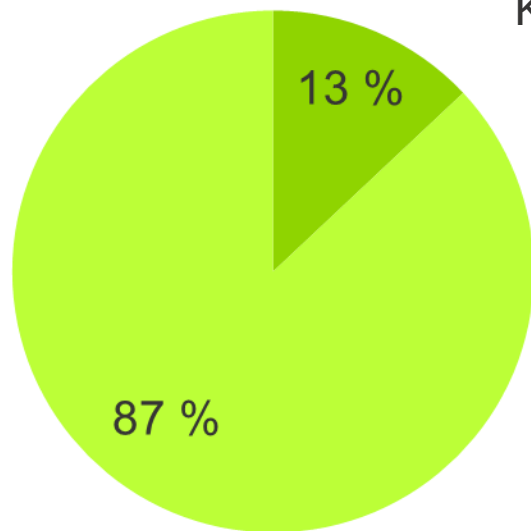
- Puun käyttö 2,4 milj. m³/vuosi
 - 20 % havupuuta
 - 80 % lehtipuuta
- Kuljetusmuodot
 - Auto 70 %
 - Juna 30 %
- Keskikuljetusmatka noin 160 km

Metsä Fibre Äänekosken tehdas

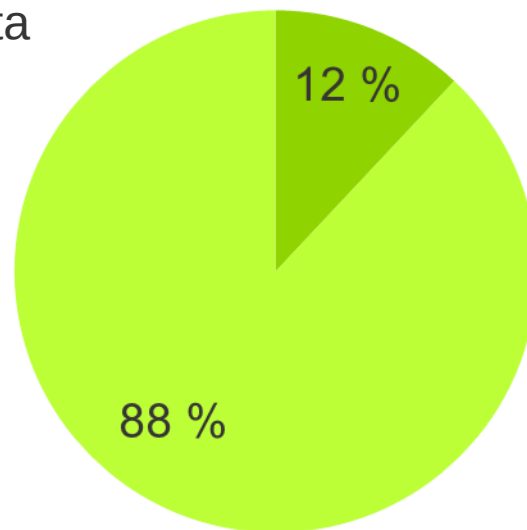
Henkilöstö

Henkilöstön määrä 171

Keski-ikä 46 vuotta



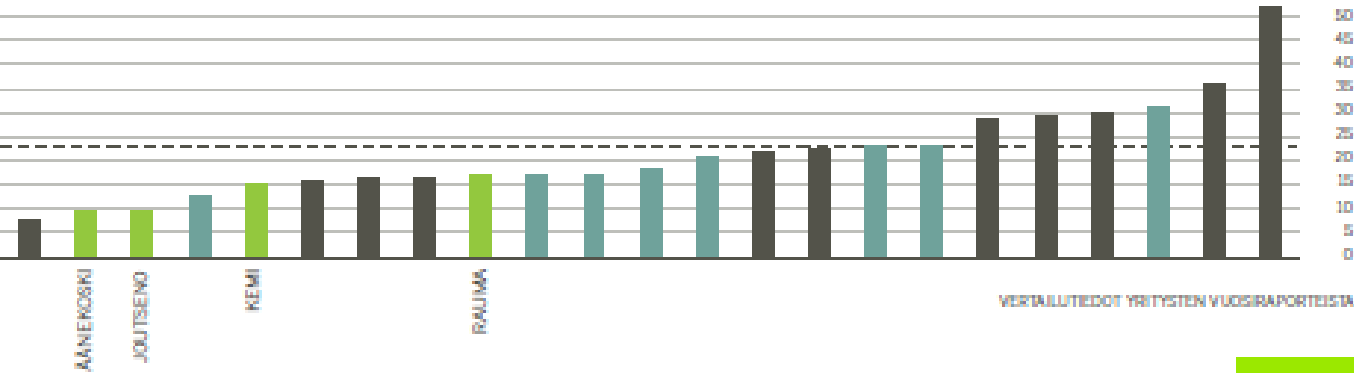
■ toimihenkilöt ■ työntekijät



■ naiset ■ miehet

Sellutehtaiden jäteveden kemiallinen hapenkulutus

JÄTEVEDEN KEMIALLINEN HAPENKULUTUS (COD_{cr})
KG/TUOTETTU TONNI



Metsä Fibren tehtaat 2013

Sellutehtaat Ruotsissa 2012

Sellutehtaat Suomessa 2012

--- BAT max

Jätevesien puhdistus

- Tehtaan prosessissa syntyvät jätevedet puhdistetaan biologisella puhdistamolla.
- Mikrobit käyttävät hyväkseen jätevesien sisältämiä ravinteita.
- Päästöt vesistöön sisältävät jonkin verran suoloja ja orgaanisia aineita, mutta eivät aiheuta haittaa vesistölle.
- Tehtaan alapuolella sijaitsevat Kapeenkoski ja Kuusaankoski ovat Suomen parhainta virkistyskalastusaluetta.



Ilmapäästöt

- Sellun valmistuksessa syntyy ilmapäästöjä: rikkidioksidi, typen oksidit, haisevat rikkiyhdisteet ja pöly
- Väkeviä hajukaasuja syntyy keittämöllä ja haihduttamalla. Ne kerätään talteen ja poltetaan meesauunissa.
 - Hajukaasuista talteen yli 97 %
- Laimeita hajukaasuja syntyy haihduttamon säiliöistä ja kuitulinjan pesureilta. Ne kerätään talteen ja poltetaan soodakattilassa.
 - Hajukaasuista talteen yli 90 %
- Ympäristövastuu on tehtaalla jokaisella.

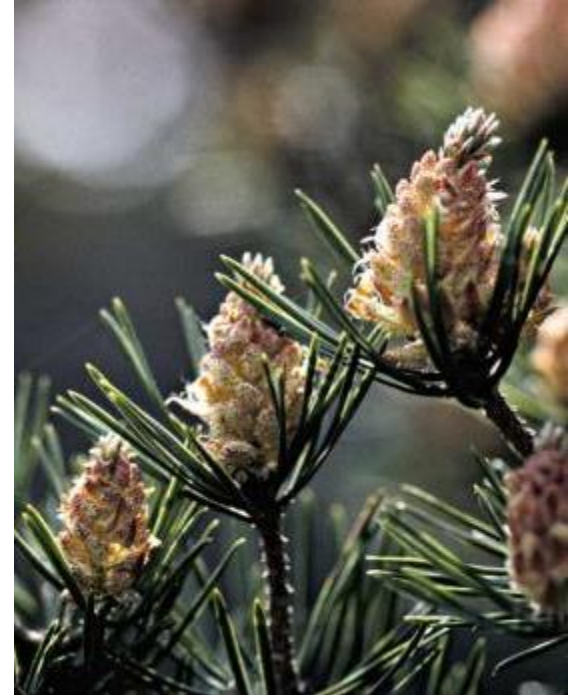




Maailman ensimmäinen uuden sukupolven biotuotetehdas

Maailman ensimmäinen uuden sukupolven biotuotetehdas

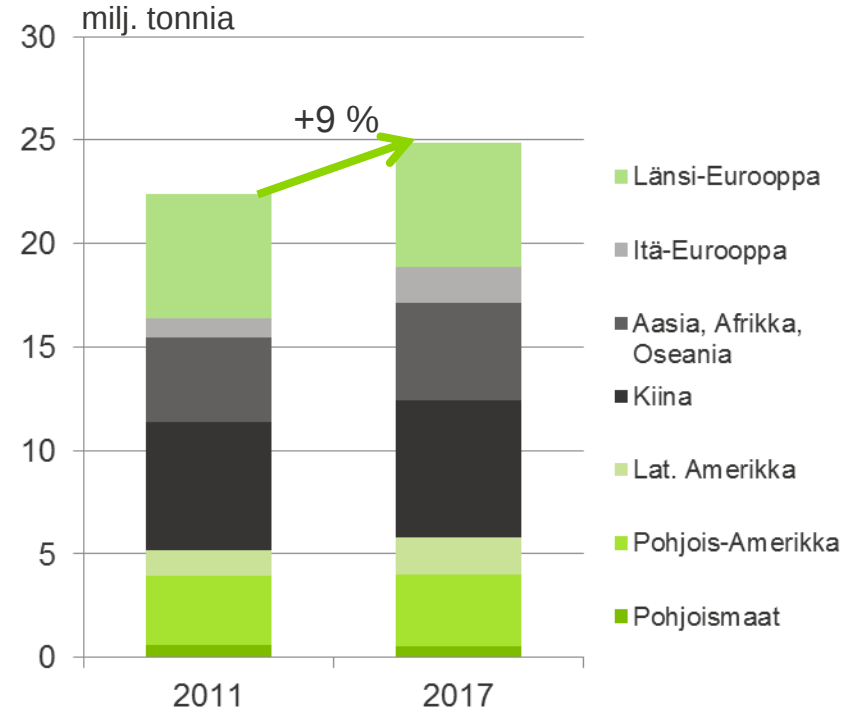
- Metsäteollisuushistorian suurin investointi Suomessa
 - 1,1 miljardia euroa
 - Sellun tuotanto 1,3 milj. tonnia vuodessa (nyk. 0,5 milj. tonnia)
 - Puunkäyttö 6,5 milj. m³ vuodessa (nyk. 2,4 milj. m³)
 - Yli 2 500 työpaikkaa koko arvoketjussa Suomessa
 - Omarahoitusosuus noin 40 prosenttia
- Biotuotetehtaan edut
 - Korkealaatuisen sellun tuottaminen huipputehokkaasti
 - Uusien biotuotteiden integroitu valmistus
 - Teollisuusprosessin sivuvirtojen resurssitehokas hyödyntäminen
- Tukee Suomea uusiutuvan energian tavoitteiden saavuttamisessa
 - Sähkön kokonaistuotanto 1 400 GWh/a
 - Kaukolämpöä ja höyryä 7 000 GWh/a
 - Puuenergiaa 1 200 GWh/a



Markkina-asema vahvistuu edelleen

- Havusellun globaali kysyntä kasvaa tasaisesti
 - Kasvu on vahvinta Aasiassa, erityisesti Kiinassa
- Investointi tukee Metsä Fibren kasvua ja parantaa kannattavuutta pitkällä aikavälillä
- Pohjoista havukuitua käyttävän uuden tehtaan kustannuskilpailukyky on hyvä
 - Sijainti logistisesti ihanteellinen raaka-aineen saatavuuden kannalta
 - Olemassa oleva tehdasalue ja tarve uusia nykyinen tehdas lähivuosina
 - Metsä Boardin kartonkitehdas samassa integraatissa
 - Uudet tuotteet ja bioenergia

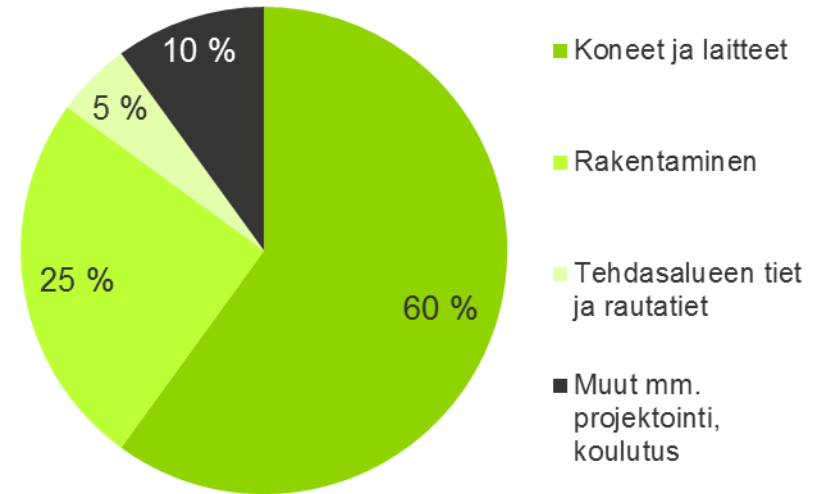
Markkinahavusellun kysynnän kasvu



Merkittävät taloudelliset vaikutukset koko Suomelle

- Suomeen yli puolen miljardin euron vuosittaiset tulovaikutukset
- Viennin arvon vuosittainen lisäys 0,5 mrd. euroa
- Työllistämisvaikutukset:
 - Rakennusaikana yli 6 000 henkilötyövuotta
 - Tuotannon käynnistyttyä yli 2 500 työpaikkaa koko arvoketjussa Suomessa (nyk. 1 000)
 - Merkittävimmät vaikutukset metsätaloudessa ja kuljetuksissa
- Biotuotetehdas monipuolistaa maamme metsä- ja biotalouden rakennetta ja laajentaa tuotevalikoimaa
- Suomella tarve ja kyky hyödyntää kuitupuun korjuupotentiaali kestävästi

Investoinnin jakautuminen

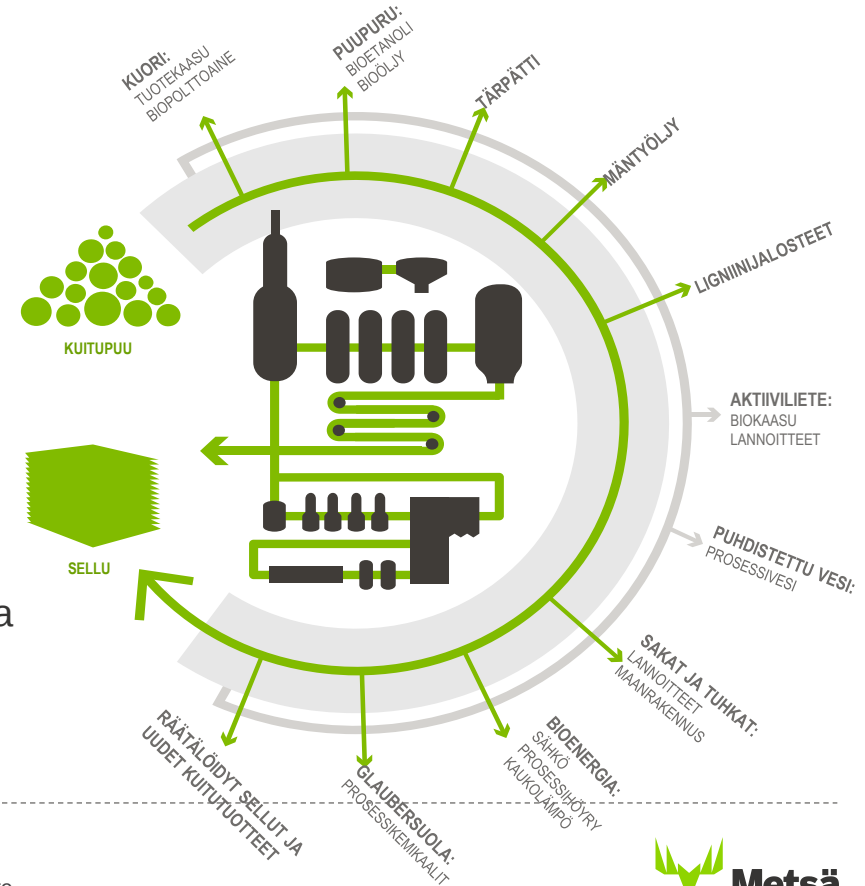


Investointipäätöksen edellytykset

- Lopullinen investointipäätös tehdään keväällä 2015
- Päätökseen vaikuttavat
 - YVA-prosessin tulos
 - Ympäristöluvan saaminen
 - Maailmantalouden ja erityisesti Aasian talouden kehitys
 - Rahoitusmarkkinoiden tilanne
 - Yhteistyö eri tahojen kanssa: puunhankinta, logistiikka, kaavoitus-, lupa- ja tukiasiat

Biotuotetehdas – enemmän kuin sellutehdas

- Puusta jalostetaan kestävästi ja resurssitehokkaasti
 - Biomateriaaleja, -energiaa, -kemikaaleja ja lannoitteita
- Raaka-aine ja sivuvirrat hyödynnetään tuotteina ja bioenergiana sataprosenttisesti
- Tehdas ei käytä lainkaan fossiilisia polttoaineita
- Laiteratkaisuissa korostetaan energiatehokkuutta
- Liiketoimintamalli perustuu tehokkaaseen kumppanuusverkostoon
 - Uudet tuotteet syntyvät arvoketjun eri osajien yhteistyönä
 - Luo erityisesti pk-sektorille uusia mahdollisuuksia valmistaa innovatiivisia korkean jalostusarvon biotuotteita

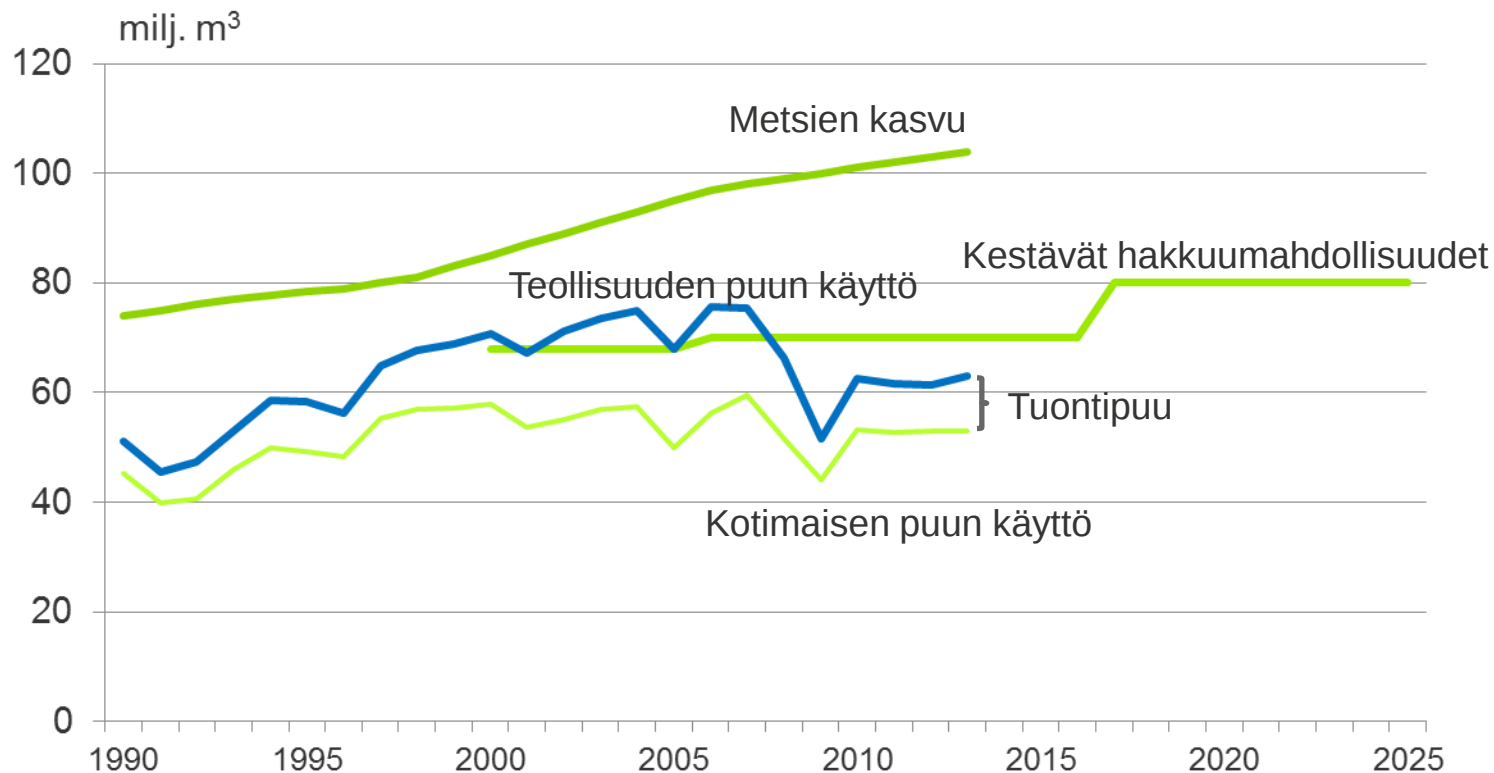


Maksimaalista energia- ja resurssitehokkuutta

- Biotuotetehdas tukee Suomea uusiutuvan energian tavoitteiden saavuttamisessa
 - Lisää noin kahdella prosenttiyksiköllä uusiutuvan energian osuutta Suomessa
- Laiteratkaisuissa ja -valinnoissa korostuvat energiatehokkuus sekä puhdas teknologia (cleantech)
- Tehdas alittaa Äänekosken nykyisen tehtaan ympäristöluvan päästörajat
- Kaikki tuotannosta syntyvät sivuvirrat ja jätteet hyödynnetään mahdollisimman tarkasti
- Materiaalitehokkuus on huippuluokkaa



Kotimaisen puun käyttöä voidaan lisätä kestävästi



Tehdaslayout - ALUSTAVA





Maailman ensimmäinen uuden sukupolven biotuotetehdas

www.biotuotetehdas.fi



BAT-ajankohtaista

Metsäteollisuuden BAT- päivät 30.9.2014

Kaj Forsius

Sisältö

- Yleistä
- Menossa olevat BREF-prosessit
- BAT-päätelmien soveltaminen
 - Joustoa vai ei?

VALMIIT BAT -PÄÄTELMÄT



- Lasiteollisuus (Glass manufacturing, GLS)
- Rauta- ja Teräs (Iron and steel, IS)
- Nahkateollisuus (Tanning of hides and skins, TAN)
- Sementti-, kalkki- ja magnesiumoksiditeollisuus (CLM)
- Kloorialkaliteollisuus (CAK)

KÄYNNISSÄ OLEVAT PROSESSIT

- Massa- ja paperiteollisuus (PP) Hyväksytty komiteassa 5/2014
- Öljynjalostus (REF) Hyväksytty komiteassa 6/2014
- Kemianteollisuuden jätevesien ja –kaasujen käsittely (CWW) Käsitelty Foorumissa 9/2014
- Puupanelit (WBP) Käsitelty Foorumissa 9/2014
- Värimetalliteollisuus (NFM) Käsitellään Foorumissa 12/2014
- Tarkkailuasiakirja, (ROM) Viimeistelyvaiheessa, ei TWG käsittelyä

KÄYNNISSÄ OLEVAT PROSESSIT

- Sikojen ja kanojen tehokasvatus (IRPP)
 - 2. luonnos käsittelyssä
Loppukokous 2014
- Orgaanisten peruskemikaalien valmistus (LVOC)
 - 1. Luonnos käsittelyssä
Suomella ei edustajaa
- Suuret polttolaitokset (LCP)
 - 1. luonnos käsittelyssä
Loppukokous 2015
- Jätteiden käsittely (WT)
 - Tiedonkeruu käynnissä
1. Luonnos 2015 lopussa
- Kaivannaisteollisuus (MWEI BREF)
 - Aloituskokous 5/2014

HILJATTAIN KÄYNNISTYNEET BREF-PROSESSIT

- Elintarvikkeiden ja maidon valmistus ja jatkojalostus (FDM), TWG nimetty 1/2014, aloituskokous 11/2014
- Jätteiden poltto (WI), aloituskokous 2015 alussa
- Puun kemiallinen käsittely (Wood preservation with chemicals, WPC), aloituskokous 2015 alussa

BREFIEN UUSIMINEN ALKAMASSA 2015

- Pintakäsittely orgaanisia liuottimia käyttäen (STS)
- Tekstiiliteollisuus (TXT)
- Teurastamot (SA)
- Rautametallien jalostus (FMP)
- 1 kemikaali-BREF

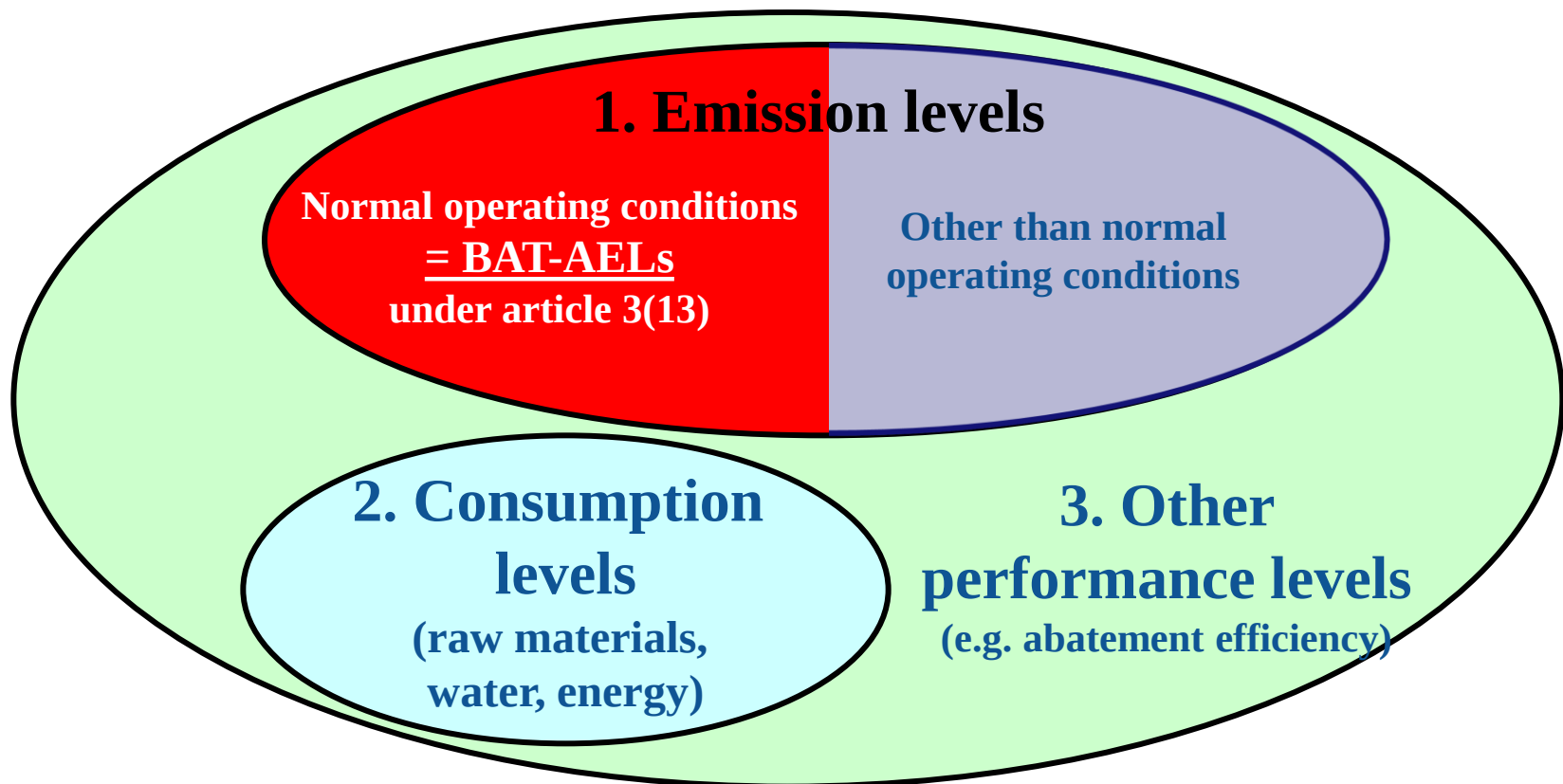
HARKINNASSA OLEVAT ASIAT FOORUMIN KOKOUKSESSA 12/2014

- Kemikaali-BREFien uudistamisstrategia
 - Yhdistäminen ja yksinkertaistaminen
- Energiatehokkuus- (ENE) ja teollisten jäähdytysjärjestelmien (ICS) BREFien yhdistäminen resurssitehokkuus-BREFiksi?
 - Sisältäen materiaali- ja vedenkulutuksen?
 - Käsitellään 12/2014 Foorumissa

BAT PÄÄTELMIEN VAATIMUKSET -JOUSTOA VAI EI?

- BAT-päästötasoja (BAT-AEL) ei tule ylittää
 - Poikkeaminen tietyin ehdoin (artikla 15.4)
 - Raportointi EU:lle
- Muut vaatimukset referenssinä lupaehtoja määritettäessä
 - Ympäristötehokkuustasot (AEPL)
 - Kulutustasot
 - JV-virtaama (BAT 4, BAT 5)
 - BOD (BAT 19)
 - Tarkkailu
 - BAT-tekniikkakuvaus

BAT-AELs and other BAT-AEPLs



	BAT-AEL	BAT-AEPL other than BAT-AEL
Definition	Article 3(13)	Not defined in IED Term introduced in guidance on information exchange Cion Implementing Decision 2012/119/EU (Section 3.3)
How to implement?	Article 15(3) $ELV \leq BAT-AEL$	Article 14(3) – '<i>BAT conclusions shall be the reference for setting the permit conditions</i>'

BAT PÄÄTELMIEN VAATIMUKSET

-JOUSTOA VAI EI? (jatkuu)

- BAT-päätelmissä joitakin vaatimuksia eri aikaväleille ja/tai eri yksikköinä
- Samalle laskentajaksolle määritetyt päästötasot eri yksiköissä katsotaan selvästi vaihtoehtoisiksi (esimerkiksi pitoisuustasot ja ominaiskuormitusarvot)
- Pitkän- ja lyhyen aikavälin BAT-päästötasot samoille yksiköille
 - Ruotsi ja Suomi vaati selkeästi vaihtoehtoisiksi
 - Asia jätetty avoimeksi
 - YSL mukaan luparajaksi vain toinen
 - **Tarkkailu molemmille?**

KIITOS!

BAT-PÄÄTELMÄT JA POIKKEUKSET

Metsäteollisuuden BAT-päivät

30.9.-1.10.2014

Timo Jouttijärvi



Sisältö

- Katsaus BAT-prosessiin
- Suomelle tärkeitä kohtia prosessin loppuvaiheessa
- Päätelmistä yleisesti
- Päätelmien sisältöä

PP BREF –päivityksen lyhyt historia



- Päivitysprosessi alkoi 2006. Useita eri kirjoittajia
- D1 (4/2010) ja D2 (5/2012) sisältäen ehdotuksen BAT-päätelmiksi. TWG:n loppukokous 4/2013. BREF käsitelty IED foorumissa 9/2013 ja päätelmät hyväksytty IED komiteassa 5/2014
- Valtava tiedontuotantoprosessi
 - Lähtötiedot 2006
 - Esimerkkilaitoksiin ja päästöjen tarkkailuun liittyvät kyselyt 2008 - 2009
 - Kattava sellutehtaiden ilmapäästöaineisto 2011
 - Lisäksi Suomi ja Suomen metsäteollisuus osallistuneet eri lukujen kirjoittamiseen ja tuottaneet paljon aineistoa esimerkiksi hajukaasuihin, soodakattilan NOx –päästöihin ja integroitujen tehtaiden päästöihin sekä päästöjen tarkkailuun liittyen

Suomelle tärkeitä kohtia TWGn loppukokouksessa

- Sellun hiukkaspäästöt
- Soodakattilan NOx –päästöt
- Päästöjen yhteen laskeminen sellutuotannossa, ”kuplamalli”
- AOX
- COD –päästöt tietyin osin
- Tarkkailuasiat

Massa- ja paperiteollisuuden BAT-päätelmien rakenne

- Scope
- General considerations
- General BAT conclusions for the pulp and paper industry
 - Environmental management system
 - Materials management and good housekeeping
 - Water and waste water management
 - Energy consumption and efficiency
 - Emissions of odour
 - Monitoring of key process parameters and of emissions to water and air
 - Waste management
 - Emissions to water
 - Emissions of noise
 - Decommissioning
- BAT conclusions for the kraft pulping process
 - Waste water and emissions to water
 - Emissions to air
 - Waste generation
 - Energy consumption and efficiency
- BAT conclusions for the sulphite pulping process
- BAT conclusions for mechanical pulping and chemimechanical pulping
- BAT conclusions for processing paper for recycling
- BAT conclusions for papermaking and related processes

Päätelmistä yleisesti

- 53 päätelmää sisältäen eri tuotantotavat
- BAT –päästötasot annettu normaaleille toimintaolosuhteille
- BAT AELit sitovia => TWGn päättämät poikkeavat päästötasot alaviitteinä
- IEDn vaatima tiedon laatu/määrä ei kaikilta osin täyty => ei päätelmiä
- Eri käytännöt Euroopan laajuisesti edelleen ongelma

Päätelmistä yleisesti

- muuta huomattavaa

- Tarkkailuvaatimukset eivät ole sitovia
 - Voidaan päättää paikallisella tasolla
- ”Kupla-malli” (mahdollisuus laskea eri päästölähteille annettuja päästötasoja yhteen) jäi käsittelemättä eikä toteutunut
- Energiatehokkuusluvut eivät sisälly päätelmiin. Tekniikoita käsitellään
- Jätevesivirtaamat referenssilukuja => ei sitovia päätelmiä
- BOD vesistöön ei BAT AEL, mutta sisältyy tarkkailuvaatimukseen ja joillekin tuotannoille on annettu referenssiarvoja

Sulfaattisellun päästöt veteen (BAT19)

Muuttuja	Vuosikeskiarvo kg/ADt ⁽¹⁾
Kemiallinen hapenkulutus (COD)	7–20
Kiintoaine (TSS)	0,3–1,5
Kokonaistyyppi	0,05–0,25 ⁽²⁾
Kokonaisfosfori	0,01–0,03 ⁽²⁾ Eukalyptuspuu: 0,02–0,11 kg/ADt ⁽³⁾
Adsorboituvat orgaanisesti sitoutuneet halogeenit (AOX) ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	0–0,2

⁽¹⁾ BAT-päästötasoilla tarkoitetaan markkinamassan tuotantoa sekä integroitujen tehtaiden massantuotantovaihetta (paperinvalmistuksen päästöt eivät sisälly näihin lukuihin).

⁽²⁾ **Pientä biologista jätevedenpuhdistamoa** käytettäessä saatetaan saada hieman suurempia päästötasoja.

⁽³⁾ Vaihteluvälin suuremmilla arvoilla tarkoitetaan tehtaita, jotka käyttävät raaka-aineena korkean fosforipitoisuuden alueilta (esimerkiksi Iberian niemimaalta) saatavaa **eukalyptuspuuta**.

⁽⁴⁾ Voidaan soveltaa tehtaisiin, jotka käyttävät klooria sisältäviä valkaisukemikaaleja.

⁽⁵⁾ **Tehtaissa, jotka tuottavat korkealujuuksista, jäykkää ja puhdasta massaa (esimerkiksi nestepakkauskartonkia tai LWC-paperia varten), AOX-päästöt voivat olla enimmillään 0,25 kg/ADt.**



Sulfaattisellun päästöt ilmaan

Lyhyen aikavälin SO₂ BAT-tasot (BAT21)

Muuttuja		Vuorokausikeski-arvo ⁽¹⁾ ⁽²⁾ mg/Nm ³ (6 % O ₂)	Vuosikeskiarvo ⁽¹⁾ mg/Nm ³ (6 % O ₂)	Vuosikeskiarvo ⁽¹⁾ kg S/ADt
SO ₂	DS < 75 %	10–70	5–50	–
	DS 75–83 % ⁽³⁾	10–50	5–25	–
Pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS)		1–10 ⁽⁴⁾	1–5	–
Kaasumainen rikki (TRS-S + SO ₂ -S)	DS < 75 %	–	–	0,03–0,17
	DS 75–83 % ⁽³⁾			0,03–0,13

⁽¹⁾ Mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden lisääminen vähentää SO₂-päästöjä ja lisää NO_x-päästöjä. Tästä syystä soodakattila, jonka SO₂-päästöt ovat pienet, saattaa tuottaa vaihteluvälin yläpäässä olevia NO_x-päästöjä ja päinvastoin.

⁽²⁾ BAT-päästötasot eivät kata ajanjaksoja, jolloin soodakattilaa käytetään tavanomaista kuiva-ainepitoisuutta huomattavasti alhaisemmalla kuiva-ainepitoisuudella haihduttamon alasajon tai huollon vuoksi.

⁽³⁾ Jos soodakattilassa on tarkoitus polttaa mustalipeää, jonka kuiva-ainepitoisuus (DS) > 83 %, on SO₂-päästöjen ja kaasumaisten rikkipäästöjen tasoja tarkasteltava tapauskohtaisesti.

⁽⁴⁾ Vaihteluväliä voidaan soveltaa ilman väkevien hajukaasujen polttamista.

DS = mustalipeän kuiva-ainepitoisuus.



Sulfaattisellun päästöt ilmaan

Soodakattilan NO_x (BAT22)

Muuttuja		Vuosikeskiarvo ⁽¹⁾ mg/Nm ³ (6 % O ₂)	Vuosikeskiarvo ⁽¹⁾ kg NO _x /ADt
NO _x	Havupuu	120–200 ⁽²⁾	DS < 75 %: 0,8–1,4 DS 75–83 % ⁽³⁾ : 1,0–1,6
	Lehtipuu	120–200 ⁽²⁾	DS < 75 %: 0,8–1,4 DS 75–83 % ⁽³⁾ : 1,0–1,7

⁽¹⁾ Mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden lisääminen vähentää SO₂-päästöjä ja lisää NO_x-päästöjä. Tästä syystä soodakattila, jonka SO₂-päästöt ovat pienet, saattaa tuottaa vaihteluvälin yläpäässä olevia NO_x-päästöjä ja päinvastoin.

⁽²⁾ Soodakattilan todellinen NO_x-päästötaso riippuu kuiva-ainepitoisuudesta ja mustalipeän typpipitoisuudesta sekä poltettujen lauhtumattomien hajukaasujen ja muiden tyypeä sisältävien virtojen (esimerkiksi liutussäiliön poistokaasujen, lauhteesta erotetun metanolin ja biolietteen) määristä ja sekoittumissuhteista. Mitä suurempi kuiva-ainepitoisuus, mustalipeän typpipitoisuus ja poltettujen lauhtumattomien hajukaasujen ja muiden tyypeä sisältävien virtojen määrä on, sitä lähempänä päästöt ovat BAT-päästötasojen vaihteluvälin yläpäättä.

⁽³⁾ Jos soodakattilassa on tarkoitus polttaa mustalipeää, jonka kuiva-ainepitoisuus (DS) > 83 %, on NO_x-päästöjen tasoa tarkasteltava tapauskohtaisesti.

DS = mustalipeän kuiva-ainepitoisuus.

Sulfaattisellun päästöt ilmaan

Soodakattilan hiukkaset (BAT23)

Muuttuja	Hiukkasten puhdistusjärjestelmä	Vuosikeskiarvo mg/Nm ³ (6 % O ₂)	Vuosikeskiarvo kg hiukkasia/ADt
Hiukkaset	Uusi tai perusparannettu laitos	10–25	0,02–0,20
	Olemassa olevat	10–40 ⁽¹⁾	0,02–0,3 ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Käyttöikänsä loppua lähestyvillä sähkösuodattimilla varustettujen olemassa olevien soodakattiloiden päästötasot voivat nousta enimmillään arvoon 50 mg/Nm³ (vastaa 0,4 kg:aa/ADt).			

Sulfaattisellun päästöt ilmaan

Meesauunin TRS (BAT25)

Muuttuja	Vuosikeskiarvo mg S/Nm ³ (6 % O ₂)
Pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS)	< 1–10 ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Väkeviä kaasuja (mukaan lukien metanoli ja tärpätti) polttavien meesauunien AEL-vaihteluvälin yläraja voi olla enimmillään 40 mg/Nm³.	

Sulfaattisellun päästöt ilmaan

Meesauunin NO_x (BAT26)

Muuttuja		Vuosikeskiarvo mg/Nm ³ (6 % O ₂)	Vuosikeskiarvo kg NO _x /ADt
NO _x	Nestemäiset polttoaineet	100–200 ⁽¹⁾	0,1–0,2 ⁽¹⁾
	Kaasumaiset polttoaineet	100–350 ⁽²⁾	0,1–0,3 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Kasvipohjaisesta aineksesta peräisin olevia nestemäisiä polttoaineita (esimerkiksi tärpättiä, metanolia ja mäntyöljyä), mukaan lukien massanvalmistuksen sivutuotteena syntyvät polttoaineet, käytettäessä päästötasot saattavat olla **enimmillään 350 mg/Nm³** (vastaa 0,35 kg:aa NO_x/ADt).

⁽²⁾ Kasvipohjaisesta aineksesta peräisin olevia kaasumaisia polttoaineita (esimerkiksi lauhumattomia kaasuja), mukaan lukien massanvalmistuksen sivutuotteena syntyvät polttoaineet, käytettäessä päästötasot saattavat olla **enimmillään 450 mg/Nm³** (vastaa 0,45 kg:aa NO_x/ADt).

Sulfiittisellun päästöt veteen

NSSC-prosessi (BAT33) "Savon sellu"

Muuttuja	Vuosikeskiarvo kg/ADt ⁽¹⁾
Kemiallinen hapenkulutus (COD)	3,2–11
Kiintoaine (TSS)	0,5–1,3
Kokonaistyyppi	0,1–0,2 ⁽²⁾
Kokonaisfosfori	0,01–0,02

⁽¹⁾ BAT-päästötasoilla tarkoitetaan markkinamassan tuotantoa sekä integroitujen tehtaiden massantuotantovaihetta (paperinvalmistuksen päästöt eivät sisälly näihin lukuihin).

⁽²⁾ Prosessikohtaisten korkeampien päästöjen vuoksi kokonaistyyppiä koskevat BAT-päästötasot eivät koske ammoniumpohjaista puolikemiallisen neutraalin sulfiittimassan valmistusta.

Sulfiittisellun päästöt ilmaan

Soodakattilan NO_x (BAT36) ”Savon sellu”

Muuttuja	Vuorokausikeskiarvo mg/Nm ³ (5 % O ₂)	Vuosikeskiarvo mg/Nm ³ (5 % O ₂)
NO _x	100–350 ⁽¹⁾	100–270 ⁽¹⁾
NH ₃ (SNCR-tekniikan ammoniakkipäästöt)	< 5	
⁽¹⁾ Ammoniumpohjaista prosessia käyttävissä laitoksissa NO _x -päästötasot voivat olla korkeampia: vuorokausikeskiarvo enimmillään 580 mg/Nm ³ ja vuosikeskiarvo enimmillään 450 mg/Nm ³ .		

Sulfiittisellun päästöt ilmaan

Soodakattilan hiukkaset ja SO₂ (BAT37)

"Savon sellu" ja "Heinola"

Muuttuja	Keskiarvo otantajakson aikana mg/Nm ³ (5 % O ₂)	
	5–20 ⁽¹⁾ ⁽²⁾	
Hiukkaset	Vuorokausikeskiarvo mg/Nm ³ (5 % O ₂)	Vuosikeskiarvo mg/Nm ³ (5 % O ₂)
SO ₂	100–300 ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	50–250 ⁽³⁾ ⁽⁴⁾
⁽²⁾ Hiukkasia koskevia BAT-päästötasoja ei voida soveltaa ammoniumpohjaista prosessia käyttäviin laitoksiin. ⁽³⁾ Prosessikohtaisten suurempien päästöjen vuoksi rikkidioksidia koskevia BAT-päästötasoja ei voida soveltaa soodakattiloihin, joita käytetään pysyvästi happamissa olosuhteissa eli joissa käytetään sulfiittilientä pesuaineena märkäpesurissa osana sulfiitin talteenottoa.		

Mekaaninen massa

Integroitujen tehtaiden päästöt veteen (BAT40)

Muuttuja	Vuosikeskiarvo kg/t
Kemiallinen hapenkulutus (COD)	0,9–4,5 ⁽¹⁾
Kiintoaine (TSS)	0,06–0,45
Kokonaistyyppi	0,03–0,1 ⁽²⁾
Kokonaisfosfori	0,001–0,01

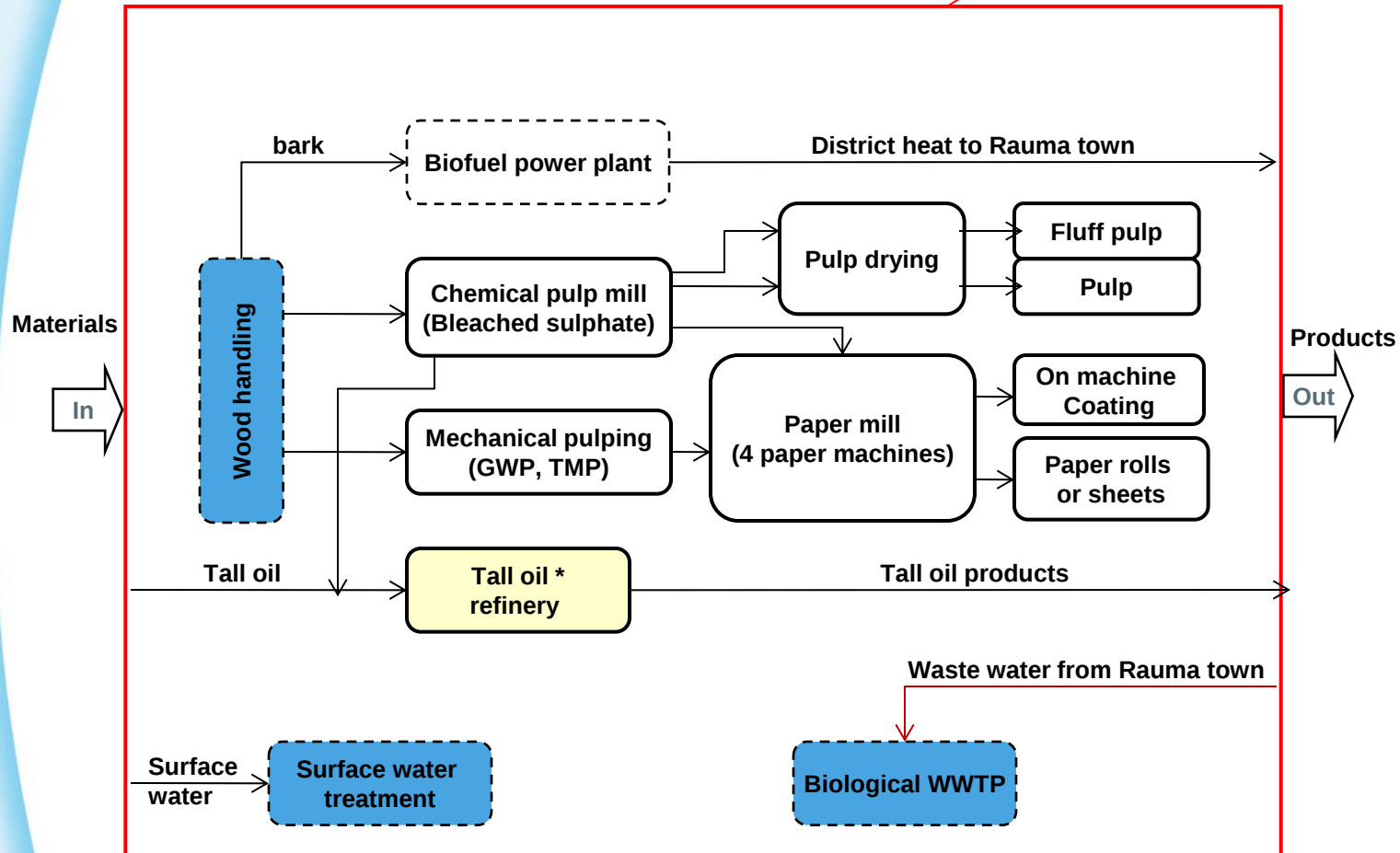
⁽¹⁾ Kun mekaaninen massa on korkealle vaaleusasteelle valkaistua (lopullisen paperin kuidusta 70–100 prosenttia), päästötasot voivat olla enimmillään 8 kg/t.

⁽²⁾ Jos biologisesti hajoavia tai poistettavia kelaatinmuodostajia ei massaa koskevien laatuvaatimusten (esimerkiksi korkea vaaleus) vuoksi voida käyttää, kokonaistyyppipäästöt saattavat olla näitä BAT-päästötasoja korkeammat ja niitä on arvioitava tapauskohtaisesti.

Integroidut tehtaat

Total atmospheric emissions

System boundary of an integrated site



Waste utilisation

Waste to landfill

Hazardous waste

Waste water discharges

Legend

= Supporting operations (utilities) and waste management processes described in the chapter on generally applicable BAT

= Processes not covered by the PP BREF

= Described in the PP BREF





Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

Ympäristönsuojelulain 78 § soveltaminen (BAT- poikkeama)

Jaakko Kuisma
Ympäristöministeriö

BAT ja direktiivilaitokset

UUTTA: EU:n
komission hyväksymät
BAT-päätelmät
oikeudellisesti
sitoviksi
direktiivilaitosten
lupaharkinnassa

- BAT-päästötasoista poikkeaminen vain tietyin ehdoin
- Em. poikkeamiset voimassa määräajan tai toistaiseksi (poikkeaman perusteet käsitellään uudelleen lupamääräyksiä tarkistettaessa)
- Em. poikkeamiset ja muut lievennykset päätelmiin perusteltava ympäristöluvassa

VANHAA: BATia on
noudatettava
toiminnassa

- Ympäristöluvan päästölupamääräysten on perustuttava BATiin (YSL 52.3 §)
- Rekisteröitävien toimintojen asetusvaatimukset perustuvat myös BATiin

Päästötasojen lievennykset eli poikkeukset

Jos päätelmien mukaiset **päästöraja-arvot** johtaisivat **kohtuuttoman korkeisiin kustannuksiin verrattuna saavutettaviin ympäristöhyötyihin** laitoksen **maantieteellisen sijainnin tai teknisten ominaisuuksien taikka paikallisten ympäristöolojen vuoksi**, ympäristöluvassa voidaan määrätä **lievemmat päästöraja-arvot**. (YSL 78 §)

Miten tulkitaan?

- YmVM 3/2014 Eduskunnan kannanotot
- HE 214/2013 78 §:n ja 81 §:n perustelut
- YSL: toimeenpanohankkeen muistio → YM:n soveltamisohje (www.ym.fi/ysluudistus → YSL:n toimeenpano)
- Mahdolliset komission ohjeet

Lievennykset päästötasoihin vrt. muut joustot

Eduskunta YmVM 3/2014

”Valiokunta katsoo, että hallituksen esityksen yksityiskohtaisissa perusteluissa on hyvin selvitetty tilanteita, joissa poikkeaminen todennäköisimmin voi tulla sovellettavaksi. **Lähtökohtana on, että poikkeusten myöntämisedellytysten täytyessä poikkeusten myöntämiseen ei tule suhtautua pidättyvästi, vaan poikkeamismahdollisuus on nähtävä tarpeellisena osana muutoin sitovaa ja jäykähköä BAT-päätelmäjärjestelmää.** Näistä syistä valiokunta korostaa, että ministeriön tulee laatia riittävä ohjeistus yhdessä keskeisten sidosryhmien kanssa BAT-poikkeusten soveltamisesta.”

HE 214/2013 Paikalliset ympäristöolot, maantieteellinen sijainti, tekniset ominaisuudet

Paikallisten ympäristöolojen arviointi edellyttää **tietoa ympäristön laadusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.**

Laitoksen päästöillä voi olla isompi tai pienempi paikallinen **merkitys**, päästöjen määrän, päästöpaikan, päästöjen luonteen ja paikallisen ympäristön sietokyvyn mukaan.

Jos suuri osa alueen ympäristökuormituksesta on kyseiseltä laitokselta, poikkeuksen vaikutus päästöihin voi olla merkittävä. Jos paikallinen ympäristökuormitus syntyy suurimmaksi osaksi muusta syystä, esimerkiksi **kaukokulkeumasta** tai liikenteestä, ei kyseisen laitoksen päästöillä ole niin suurta merkitystä

Vielä valmisteilla, julkaistaan YM:n nettisivuilla ([YSL:n toimeenpano](#)) heti kun se on valmis

Tekniset ominaisuudet

- Investointien suunnitteluun ja toteuttamiseen tarvittava aika
- Tekniset ongelmat, tilanpuute tms.
- Laitoksen lyhyt jäljellä oleva käyttöikä
- Päästöjen ristikkäisvaikutukset (yksi lisääntyy, kun toista vähennetään)
- Tuotannon ja käyntiajan vaihtelut
- Alas- ja ylösalojen kustannukset ja ympäristövaikutukset

Maantieteellinen sijainti

- Jäteveden purkupaikka (meri, järvi, joki)
- Melu (laakso vai ylänkö)

Paikalliset ympäristöolot

- Asutus, muut häiriintyvät kohteet
- Päästöpaikan veden- tai ilmanlaatu ja muut ympäristön erityispiirteet

HE 214/2013

Kyse on **kokonaisharkinnasta**, jossa eri tekijöitä verrataan keskenään lopputulokseen pääsemiseksi.

Olemassa olevilla laitoksilla uuden tekniikan käyttöönoton aiheuttamat kustannukset saattavat olla kohtuuttomat sen vuoksi, että tekniikan asentaminen vanhoihin rakenteisiin ja prosesseihin on yleensä vaikeampaa ja kalliimpaa kuin käyttöönotto uudella laitoksella.

Kustannuksia ja ympäristöhyötyjä on **verrattava** keskenään. Ympäristöhyödyn tai kustannuksen pienuus tai suuruus sinänsä ei ratkaise sitä, voidaanko poikkeus myöntää vai ei.

HE 214/2013 Määräaikainen poikkeus

Poikkeus voi olla perusteltu niissä tilanteissa, joissa päästötasojen soveltaminen **neljän vuoden** ajassa BAT-päätelmien julkaisemisesta olisi **kohtuutonta tai käytännössä mahdotonta esimerkiksi lupamenettelyn keston tai ajankohdan vuoksi.**

Myös laitoksen **investointien** tai **huoltoseisokin** suunnitellun ajankohdan, parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöönottoon liittyvän käytännön vaikeuden tai muun vastaavan syyn vuoksi poikkeus perusteltu.

Poikkeuksen mahdollistamaa kustannussäästöä verrataan niihin **ympäristöhyötyihin, jotka viivästyksen vuoksi menetettäisiin.**

Vertailu: **kustannukset** vs. ympäristöhyödyt

- Päästötasojen saavuttamiseksi tarvittavan tekniikan käyttöönoton aiheuttamat erilaiset kustannukset
 - tutkimus- ja kehitys- sekä suunnittelukustannukset
 - investointikustannukset
 - käyttö- ja kunnossapitokustannukset
 - alueiden ja rakennusten muutos-, lunastus- ja korvauskustannukset, sikäli kun nämä voidaan suoraan liittää tekniikan käyttöönottoon
 - laitteiden muutoskustannukset
 - muut kustannukset

Poikkeusmuistio

Vertailu: kustannukset vs. **ympäristöhyödyt**

- Poikkeuksen ympäristövaikutus voidaan laskea niin, että toiminnanharjoittaja ehdottaa hakemuksessa päästötasosta poikkeavaa päästöjen raja-arvoa, jolloin **vaikutuksen laskemisen pohja olisi päästöraja-arvon ja päästötason erotus**
- Ympäristöhyötyjä tarkastellaan **päästöjen vaikutusalueella**
- Ympäristövaikutusten muutoksien arvioinnin perusteena voitaisiin käyttää **mallinnuslaskelmiin tai asiantuntija-arvioon perustuvia laskelmia**.
- Vertailun toteuttamiseksi ympäristöhyödyt on tarpeen **arvottaa**. Rahallinen arvo on käytännössä usein vaikea määrittää. Tällöin arvioidaan ylimääräisen ympäristökuormituksen vaikutus vallitseviin ympäristöolosuhteisiin ja arvotetaan toteutumatta jäävät hyödyt **tapauskohtaisesti**.

Poikkeusmuistio

Vertailu (kustannukset vs. ympäristöhyödyt)

- Käytettävissä olevia kustannusten ja hyötyjen **vertailumenetelmiä** on esitelty muun muassa vuonna 2005 julkaistussa taloudellisia vaikutuksia ja kokonaisympäristövaikutuksia (ECM) käsittelevässä BREF:ssä. Samankaltaiset menetelmät soveltuvat myös laitostason vertailuun.
- Jos laitoksen **nykyiset päästöt ovat lähellä päästötasoja**, mutta eivät aivan niiden alapuolelle ja päästötason alittamiseksi tulisi puhdistustekniikka kokonaisuudessaan uudistaa, voisi ympäristöhyöty kustannuksiin verrattuna jäädä pieneksi.
- Mikäli poikkeama koskee **lyhyen lisääajan myöntämistä investoinnin toteuttamiseksi** voi vertailun toteuttaa yksinkertaisemmin, koska lisääajan aikaiset ympäristöhyödyt olisivat todennäköisesti vähäiset ja toisaalta normaalia investoinnin suunnittelu- ja toteutusaikataulua nopeammin toteutettavat muutokset voisivat nostaa kustannuksia selvästi.

Kustannusesimerkki/NO_x

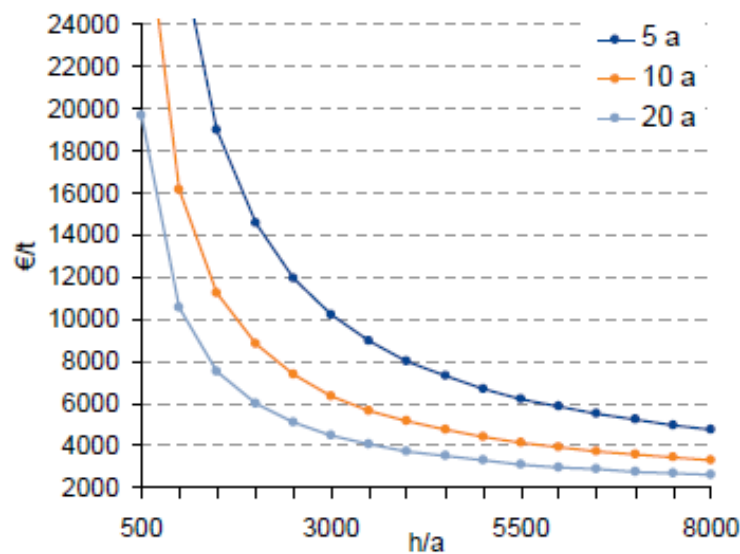
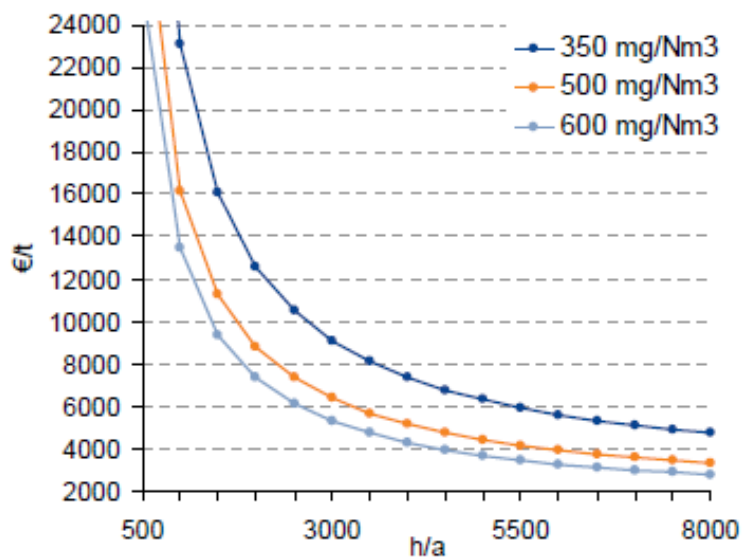
Table A1.7 Damage (EUR) per tonne emission estimates for NO_x in 2010 and 2020 (2005 prices)

Country code	Country	NO _x 2010		NO _x 2020	
		Low VOLY	High VSL	Low VOLY	High VSL
EE	Estonia	1 901	4 934	2 600	6 839
EL	Greece	1 648	3 793	1 783	4 053
ES	Spain	3 346	8 489	2 551	6 054
FI	Finland	1 430	3 726	2 005	5 303
FR	France	10 343	27 549	10 291	27 098
HR	Croatia	8 767	23 409	9 252	24 549
HU	Hungary	11 480	30 957	14 287	38 540

Lähde: Revealing the costs of air pollution from industrial facilities in Europe, EEA, 2013

Kustannusesimerkki/NOx

Teknologia	Päästö-komponentti	Tyypilliset kohteet	Saavutettava päästötaso tai alenema mg/Nm ³	Kustannukset	
				Invest. €/kWpa	Käyttökust. €/MWhpa
SCR	NOx	Pölypolttolaitokset	- 70%	50 - 60	0,45 - 1,3



Lähde: IE-Direktiiviehdotuksen päästöraja-arvojen kustannusvaikutukset, 2009

Poikkeusmenettely

Harkinta tapahtuu osana lupamenettelyä

Lupahakemus (YSA 3 ja 10 §)

- Hakijan esitettävä perusteltu esitys ympäristönsuojelulain 78 §:n mukaisten lievempien päästöraja-arvojen soveltamiseksi

Lupapäätös (YSA 19 §)

- Käytännössä poikkeus sisältyy määrättyihin päästöraja-arvoihin
- Perustelu – HUOM! TÄRKEÄ
 - Miten **päästöraja-arvot** on määrätty **verrattuna päästötasoihin**
 - Miten **päätelmien muut BAT-kohdat** näkyvät luvassa (nykymalli + erityishuomio päätelmien noudattamiseen kokonaisuutena)
 - Poikkeus:
 - a) ilmoitettava ne **syyt, miksi lievennys päästötasoista** on myönnetty
 - b) ilmoitettava **lievempien päästöraja-arvojen perusteet**

The background features large, overlapping organic shapes in shades of blue and green. A large light blue shape dominates the left and center, with a darker blue shape overlapping its right side. A green shape overlaps the top right of the light blue shape. At the bottom, there are smaller, curved shapes in light green and dark blue.

Kiitos!

www.ym.fi



BAT ja luvittamisen aikataulu

- Metsäteollisuuden BAT-päivät
- 30.9.2014 Äänekoski

Päätelmien päivitys ja luvan tarkistaminen

Kun komissio on julkaissut päätöksen direktiivilaitoksen **pääasiallista** toimintaa koskevista päätelmistä, laitoksen ympäristölupa on tarkistettava:

- jos lupa ei vastaa voimassa olevia päätelmiä, ympäristönsuojelulakia tai sen nojalla annettuja säännöksiä
- jos luvassa on määräys ympäristönsuojelulain 78 §:n mukaisista lievemmistä päästöraja-arvoista

Huomioon on otettava pääasiallista toimintaa koskevien päätelmien lisäksi kaikki uudet tai ajan tasalle saatetut BAT- päätelmät (YSL 80 §)

Selvitys luvan tarkistamisen tarpeesta

- Toiminnanharjoittajan on laadittava selvitys luvan tarkistamisen tarpeesta perusteluineen valvontaviranomaiselle **kuuden kuukauden kuluttua** siitä, kun komissio on julkaissut päätöksen päätelmistä (YSL 80 §)
- Valvontaviranomainen voi antaa pyynnöstä lisää aikaa selvityksen tekemiselle

Tilanne laitoksella ja päätelmien sisältö määrittävät selvityksen laajuuden. Se voi olla esim. lievennystarvetta koskeva lyhyt toteamus ja ilmoitus, että tarkistaminen on tarpeen. Jos ilmoitetaan luvan olevan ajan tasalla, on selvitettävä tarkemmin mm. YSA 10 §:n mukaiset asiat (lupahakemuksen sisältövaatimukset)

Valvontaviranomaisen arvio tarkistamisesta

- Valvontaviranomainen (ELY-keskus) arvioi, onko lupaa selvityksen johdosta tarkistettava
- Jos lupaa ei ole tarpeen tarkistaa, viranomainen antaa tätä koskevan arvion ja käsittely päättyy
- Jos lupaa on tarkistettava, viranomainen määrää hakemuksen tekemisestä
- Hakemus on jätettävä viimeistään viranomaisen määräämänä päivänä, joka voi olla aikaisintaan 6 kk:n kuluttua määräyksen antamisesta

Valvontaviranomaisen on annettava määräys viimeistään 3 kk vireille tulosta. Tarkistamisasioiden ruuhkautuessa voidaan lisätä käsittelyaikaa yhteen vuoteen päätelmien julkaisusta, YSA 34 §

Valvonta- ja lupaviranomaisen yhteistyö

- Valvontaviranomaisen on YSA 34 §:n mukaan tarvittaessa neuvoteltava lupaviranomaisen kanssa tarkistamismenettelyn määräajoista.
- Määräajat on asetettava siten, että valvontaviranomaisella on aikaa tehdä arviointi ja lupaviranomaisella on aikaa ratkaista lupa-asia hyvissä ajoin ennen kuin 4 v on kulunut päätelmien julkaisusta.
- Neuvottelussa on otettava huomioon lisäksi, että toiminnanharjoittajalle jää riittävästi aikaa mahdollisten muutosinvestointien toteuttamiseen.

Tarkistamismenettely

- Lupaviranomainen tarkistaa hakemuksen ja määrää tarvittaessa myös YSL 78 §:n lievennämistä päästöraja-arvoista. Jos tekniikan käyttöönotto edellyttää pidempää aikaa kuin teollisuudsdirektiivin 21 artiklan mukainen 4 v. voidaan antaa lisäaikaa 78 §:n mukaisilla perusteilla.
- Luvassa voidaan velvoittaa noudattamaan pääasiallista toimintaa koskevia päätelmiä aikaisintaan 4 v. siitä, kun päätelmät on julkaistu

Lupa-asia on ratkaistava viimeistään 10 kk vireilletulosta, jollei asian laajuus, hakemuksen puutteellisuus, käsiteltävien asioiden määrä tai muu erityinen syy vaadi pidempää aikaa. Mahdollinen täydennyspyyntö on esitettävä 1 kk:n kuluessa, YSA 22 §

Hakijan kuuleminen eräissä tapauksissa

- Jos päätelmissä ei ole kuvattu lupahakemuksessa tarkoitettua toimintaa, lupamääräykset on annettava YSL 75 §:n mukaan soveltaen 53 §:n säädettyjä yleisiä BAT-näkökohtia. Toiminnanharjoittajaa on tällöin kuultava annettavista lupamääräyksistä, jos ne olennaisesti poikkeavat siitä, mitä hakija on esittänyt parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta.
- Ympäristölupa-asian vireilletulon jälkeen voimaan tulleita päätelmiä sovelletaan YSL 76 §:n mukaan vain, jos se on hakijan kannalta kohtuullista ottaen huomioon hakemuksen ja päätelmien sisältö ja päätelmien voimaantulon ajankohta.

Lupamääräysten tarkistaminen YSL 71 §

- Ympäristölupien tarkastaminen voi tulla vireille myös vanhan 55 §:n tai sitä vastaavan uuden lain 71 §:n mukaisten määräaikojen johdosta. Lain 91 §:n mukaan on tietyissä tapauksissa mahdollista siirtää määräaikoja niiden yhteensovittamiseksi 80 §:n nojalla annetun tarkistamisajankohdan kanssa.
- Lain perusteluissa todetaan, että direktiivilaitoksien 71 §:n mukaisesta lupamääräysten tarkistamismenettelystä luovuttaisiin. Sen korvaisi 80 §:n menettely, jota täydentäisi lupaviranomaisten 90 §:n mukaiset selvitysvelvoitteet ja 89 §:n mukaiset valvovan viranomaisen lupamuutosesitykset.

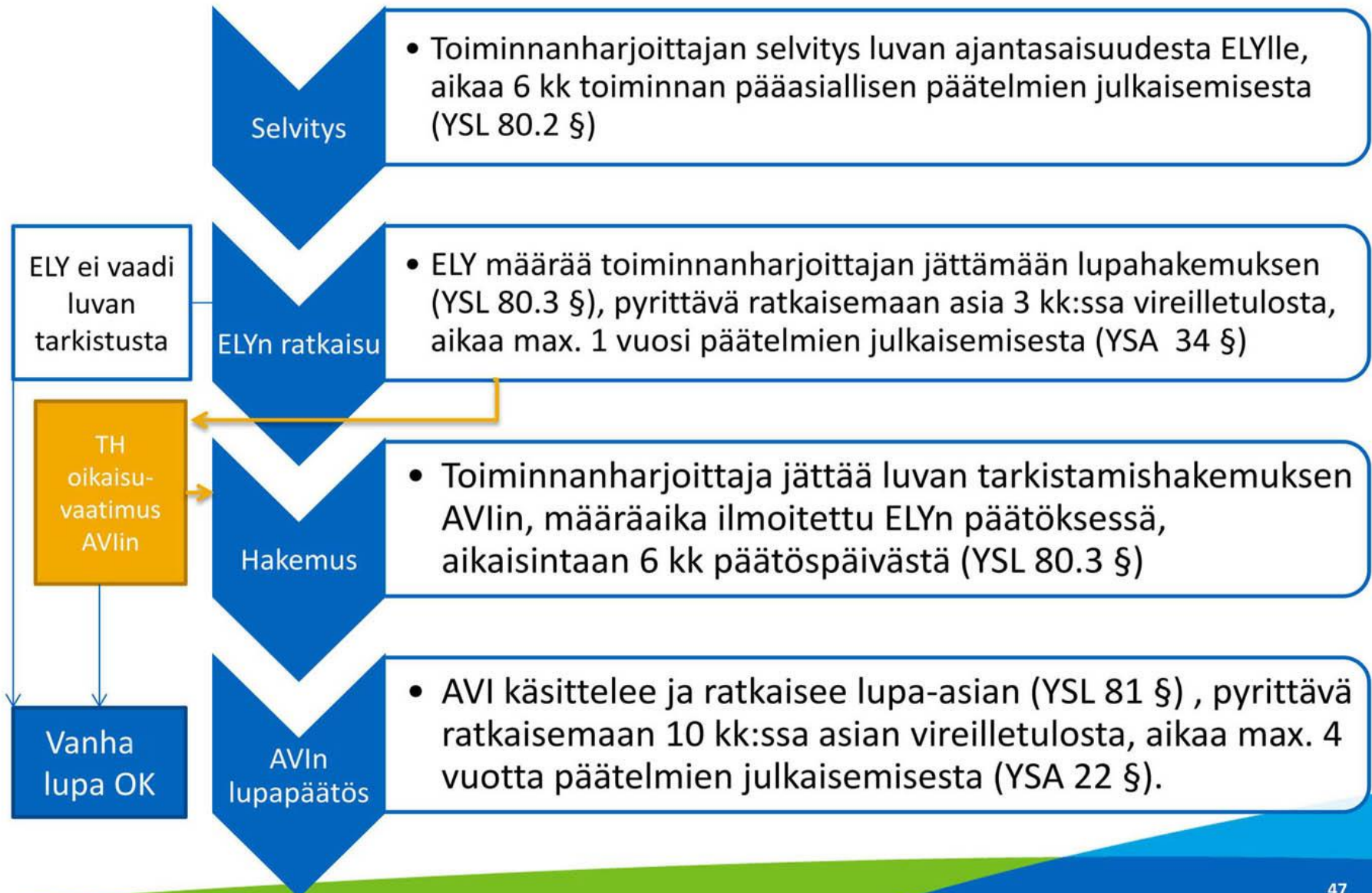
Vireillä olevat lupamenettelyt

- Jos toiminnan lupa-asia, jossa 80 §:n 1 momentin mukaiset vaatimukset otetaan huomioon, on jo vireillä, ei 80 §:n mukaan valvontaviranomaisen tarkistamismääräystä ole tarpeen antaa.
- Jos vireillä on vanhaan ympäristönsuojelulakiin perustuva hakemus (vireilletulo ennen 1.9.2014) on epäselvää, voidaanko asiakohtaa tällöin soveltaa.

Jos lupahakemus perustuu vanhaan lakiin, niin päätös on myös perustuttava vanhaan lakiin, josta puuttuvat päätelmiä koskevat lainkohdat. Määräysten antoperusteet ovat erilaiset. Muutoksenhaku voi johtaa siihen, että ELY:n on arvioitava luvan tarkistamistarve uudestaan. Vailla lainvoimaa olevat lupapäätökset ovat ylipäänsä hankala kysymys, kun arvioidaan lupien tarkistamistarvetta.

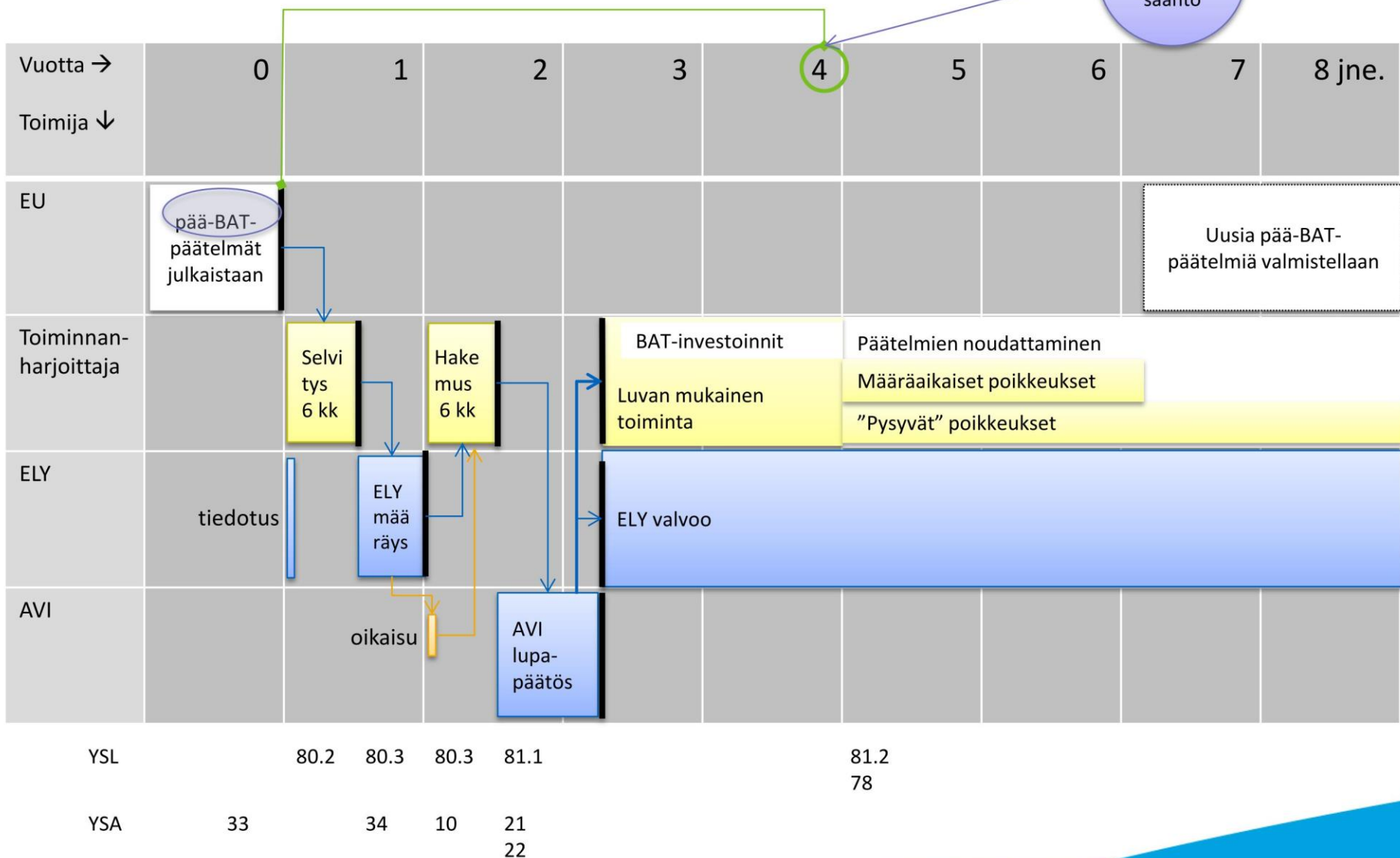
Tarkistamismenettely

ELY ilmoittaa selvitystarpeesta TH:lle YSA 33 §



BAT-tarkistus –menettely ja esimerkki aikataulusta

IED:n 4
vuoden
sääntö

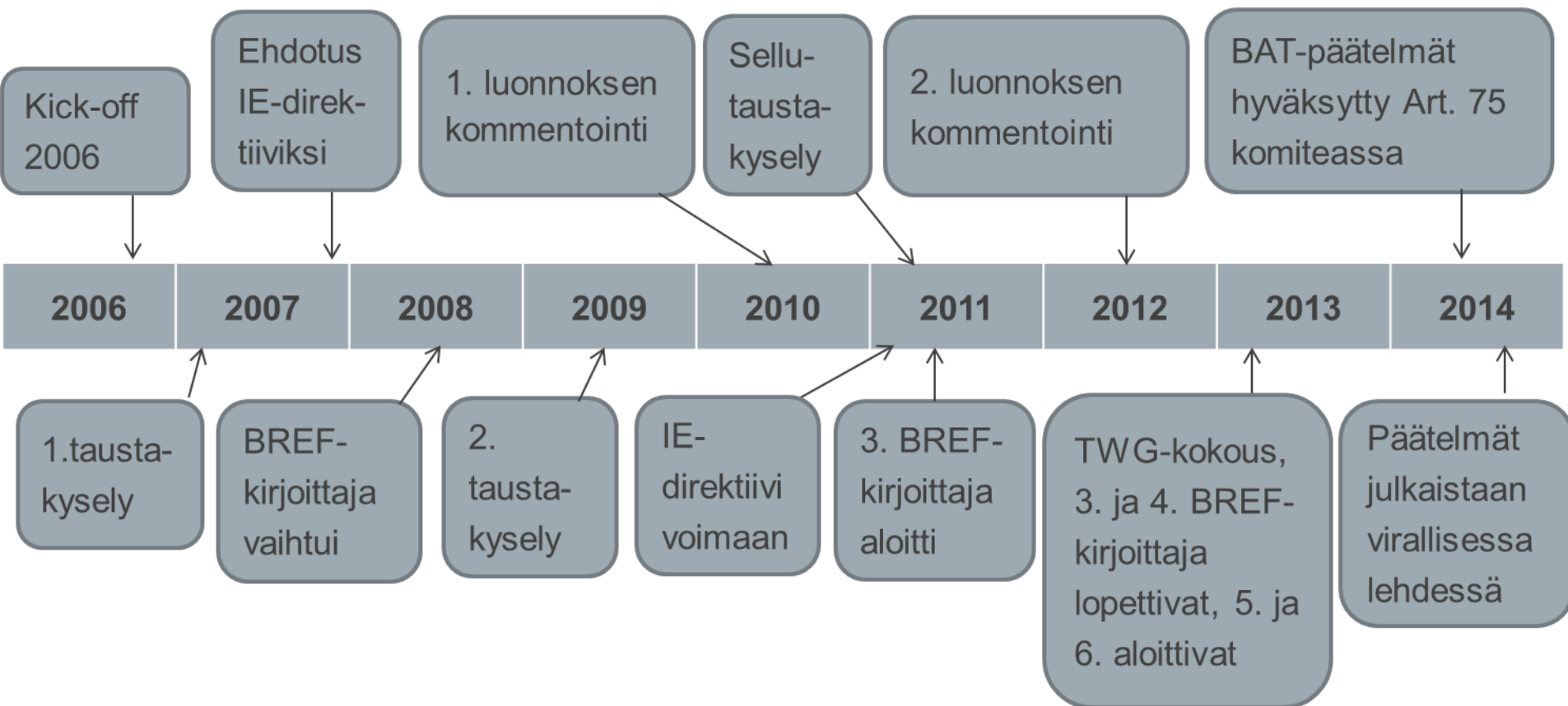




Metsäteollisuuden näkemykset ja kysymykset BAT-päätelmistä

Ympäristöpäällikkö Fredrik Blomfelt, Metsäteollisuus ry
Metsäteollisuuden BAT-päivät 30.9.2014

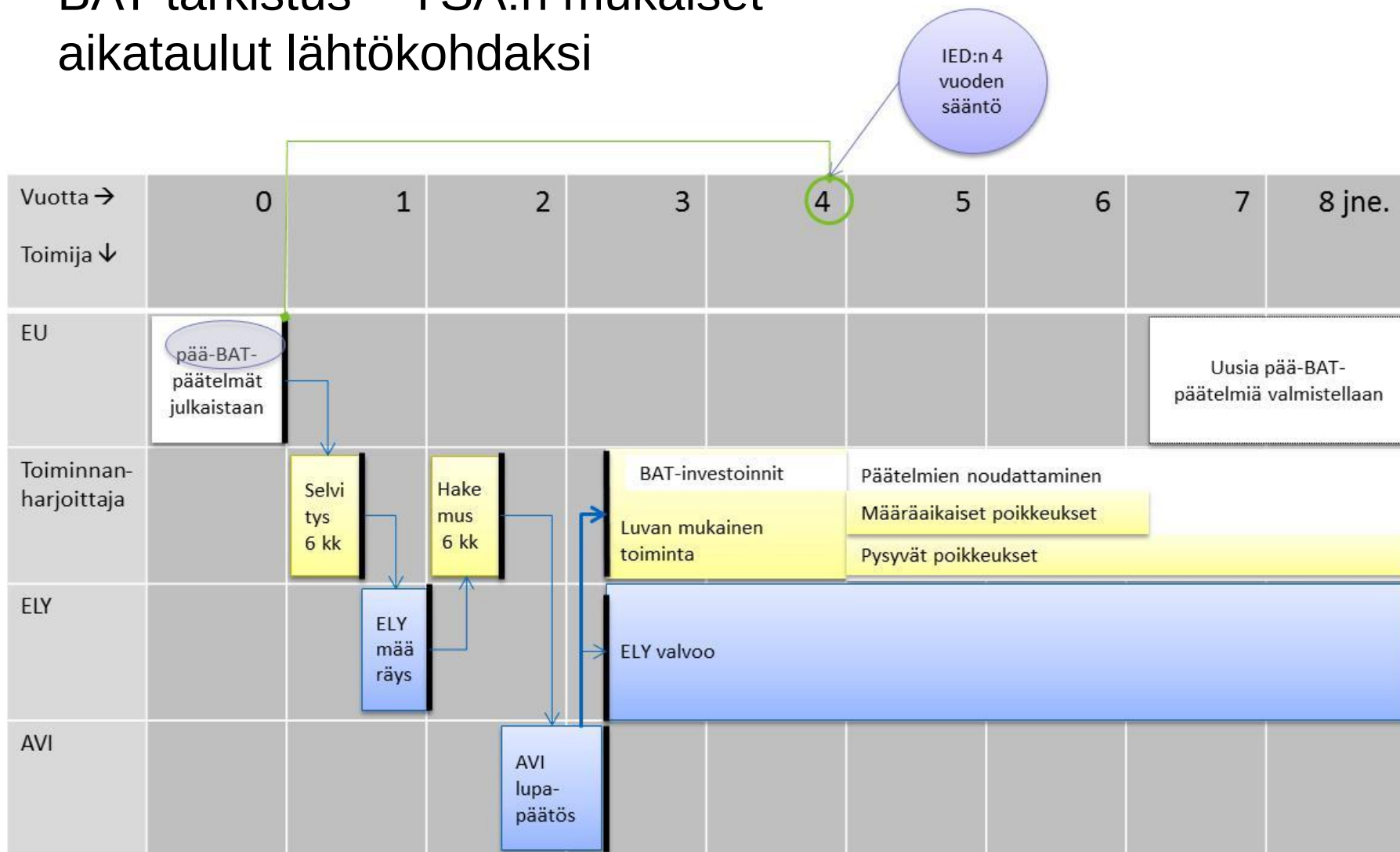
BAT-vertailuasiakirjan 8 vuotta kestänyt päivitysprosessi ”vihdoin” päätökseen



Kokemuksia BAT-prosessista

- BREF-valmistelu monella tapaa arvaamaton prosessi
- Laitosdata kaikki kaikessa, referenssidatan vertailtavuus?
- Teollisuuspäästödirektiivin tavoitteena käytäntöjen yhtenäistäminen eri maissa
- Sinänsä kannatettava IED-tavoite johtanut
 - täydellisyyden hakemiseen BREF-valmistelussa
 - haluun asettaa BREF-vaatimukset tiukimpien nykykäytäntöjen mukaan
 - BREF-asiakirjaan, joka sisältää kaikkien eri maiden käytäntöjä
- Vertailukelpoisuus kärsii eivätkä tuotetut BAT-päätelmät ole tasa-arvoisia
- Tietyiltä osin mahdoton yhtälö eri maiden käytäntöjen takia
- Riski, että
 - paikallinen harkinta vähenee
 - mahdollisuus laitosten kokonaistarkasteluun pienenee

BAT-tarkistus – YSA:n mukaiset aikataulut lähtökohdaksi



YSL 80.2 80.3 80.3 81.1

81
78

YSA 33
tied

34 10 21
22

Metsäteollisuuden näkemykset BAT-tarkistusprosessin sujuvoittamisesta

- Avoin keskustelu prosessin aikana
- ”Kevyt” ELY-selvitys mikäli tiedossa, että lupaprosessiin mennään
- Lupahakemuksen jättäminen suoraan ilman ELY-vaihetta vaihtoehtona
- Tietyissä tapauksissa nähtävä mahdollisuutena, ettei lupaa ole tarpeen tarkistaa
- Lupahakemuksen laatu
- Lupahakemukseen ja päätökseen hyvät perustelut
- Lupamenettelyssä keskityttävä oleelliseen
- YSL 81 §:n perustelujen mukaan kaikki laitosta koskevat lupamääräykset olisi käytävä läpi, mutta
 - lupaan on tehtävä vain tarpeelliset muutokset
 - toimivat lupamääräykset voidaan jättää entiselleen

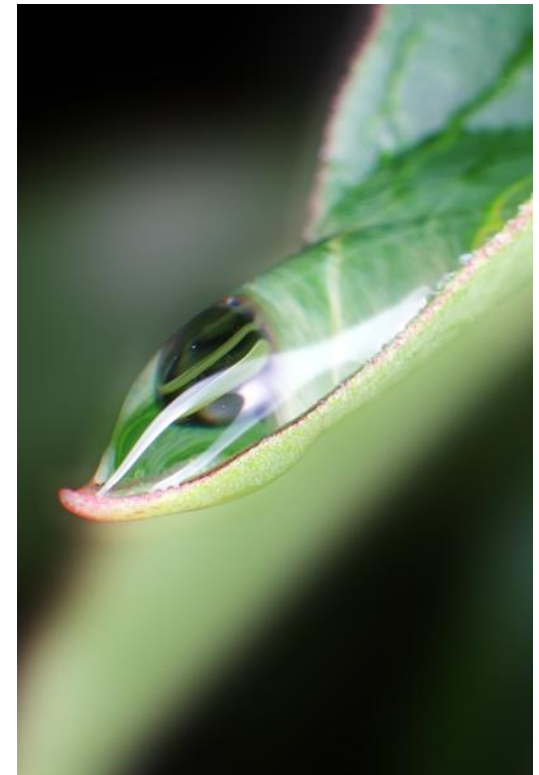


Metsäteollisuuden näkemykset lupamääräyksistä

- Suomen hyviä käytäntöjä tulisi voida jatkaa
- Luparajat tarpeen mukaan eri tavalla kuin päätelmissä
 - YSL 77 §: Raja-arvot, ajanjaksot ja vertailuolosuhteet voidaan 1 momentista poiketen määrätä toisin, jos se on päästöjen tai tarkkailun luonteen vuoksi tarpeen
 - Kiintoaineelle ei välttämättä tarvetta antaa luparajaa
 - Fosforin päästöraja-arvo + tarkkailu riittäisi
- Muiden päätelmien kuin BAT-päästötasojen osalta vanhan lain mukaista käytäntöä voidaan jatkaa
 - Joustavat tulkinnat ja niiden perustelut voidaan tehdä ja esittää osana lupaharkintaa ja sen perusteluita
 - Jokaisesta BAT-kohdasta ei myöskään tarvitse tehdä lupamääräystä
- BAT-ylätaso lähtökohdaksi BAT-mukaisuutta arvioitaessa
- Luparajojen korottamisen mahdollisuus oltava vaihtoehto

BAT-poikkeukset

- BAT-poikkeuksia tullaan tietyissä tilanteissa tarvitsemaan
- Toiminnanharjoittajan perustelut keskeisessä asemassa
- Lain perusteluista ja tulevasta poikkeamaohjeesta hyvät lähtökohdat harkinnalle
- Eduskunnan ympäristövaliokunnan mietinnön johtopäätökset:
 - Lähtökohtana on, että poikkeusten myöntämisedellytysten täyttyessä poikkeusten myöntämiseen ei tule suhtautua pidättyvästi, vaan poikkeamismahdollisuus on nähtävä tarpeellisenä osana muutoin sitovaa ja jäykähköä BAT-päätelmäjärjestelmää



BAT-päätelmät

Monitorointi

- Veteen johdettavien päästöjen osalta BAT-päätelmissä osin tiukat monitorointivaatimukset (päivittäinen/viikoittainen), osin hyvin joustavat (pikatestimenetelmä)
- Eri maiden käytännöt johtivat heterogeeniseen lopputulokseen
- BAT-päätelmien tarkkailumääräykset sovellettava joustavasti
- Tärkeää, että Suomessa voidaan jatkaa hyväksi havaittuja käytäntöjä
 - Viikottaiset/kuukausittaiset keräilynäytteet
 - Ei tarvetta mitata päivittäin/viikottain
- Ilmaan johdettavien päästöjen osalta kertamittaukset nähtävä vaihtoehtona



Muiden päätelmien huomioon ottaminen

- Massa- ja paperiteollisuuden päätelmissä mainittujen muiden päätelmien asiat polttolaitoksia lukuun ottamatta pääosin sisällytetty massa- ja paperiteollisuuden BAT-päätelmiin
 - Esim. jätteiden käsittely, varastoinnista syntyvät päästöt, energiatehokkuus
- Muiden päätelmien läpikäynnin tarpeellisuus?
- Vireille tulon jälkeen voimaan tulleiden sivutoiminnan päätelmien mahdollinen huomioon ottaminen ei saa viivyttää lupaprosessia



BAT-päätelmät

Alaviitteiden rooli

- BAT-päätelmät sisältävät paljon alaviitteitä
- Alaviitteet ovat hyvin keskeisessä asemassa, ovat olennainen osa BAT-päästötaulukkoja
- Alaviitteiden päästötasot oikeudellisesti samanarvoisia kuin taulukoiden päästötasot
- Alaviitteitä on annettu mm. seuraaville tilanteille:
 - Referenssilaitoksen prosessin ainutlaatuisuus, ei ole voitu sisällyttää normaaleihin BAT-päästötasoihin
 - Tietyille olosuhteille annettu korkeampi päästötaso tai BAT-taso jätetty kokonaan paikalliseen harkintaan
- Kaikille tilanteille ei annettu alaviitettä, vaan TWG-kokouksessa todettiin, että asiaa harkittava BAT-poikkeuksen kautta
- Alaviitteiden rooli korostuu sulfaattisellu- ja sulfiittiluvuissa
- Muissakin luvuissa Suomen tehtaille hyvin merkittäviä alaviitteitä

BAT-päätelmät

Normaalit toimintaolosuhteet + lupamääräykset veteen johdettaville päästöille

- BAT-päästötasot annettu normaaleille toimintaolosuhteille
- YSL: Päästöraja-arvot määrättävä siten, että päätelmien päästötasoja ei ylitetä laitoksen normaaleissa toimintaolosuhteissa
- Normaaleiden toimintaolosuhteiden määrittäminen jätetty paikalliseen harkintaan IED:hen perustuen
- Veteen johdettavien päästöjen osalta löytyy erilaisia ratkaisuja asettaa lupamääräyksiä
 - Ei-normaalit toimintaolosuhteet joko mukaan tai ei
 - Vuosikeskiarvo/kuukausikeskiarvo (t/d, kg/d)
 - Kuukausikeskiarvon oltava selvästi vuosikeskiarvoa korkeampi [x1,3-1,4]
- Integroidut ja useita tuotteita valmistavat tehtaat (päätelmäteksti):
 - ”Yksittäisille prosesseille (massan- tai paperinvalmistus) ja/tai tuotteille määritellyt BAT-päästötasot on yhdistettävä eri prosessien tai tuotteiden kumulatiivisiin päästöosuuksiin perustuen”

BAT-päätelmät

Taustakuormituksen huomioon ottaminen

- Taustakuormituksen huomioon ottamiseen ei ole otettu kantaa BAT-päätelmissä
 - TWG-kokouksen tausta-asiakirja 03/2013:
 - “Pollutants such as N, P and AOX in the incoming water refer to local conditions that should be taken into account by the local authorities when assessing the performance of a plant”
 - “However, local conditions cannot be considered in the BAT conclusions”
- Taustakuormitus otettava huomioon, varsinkin kun prosessiin otettavan veden mukana tuleva kuormitus on merkittävä



BAT-päätelmät

Selluntuotanto – ilmaan johdettavat päästöt

- Kuplamahdollisuutta harkittava (YSL 77 §), vaikka BAT-päästötasot annettu eri päästölähteille
- Lupamääräysten tulisi sallia vaihtelevia ratkaisuja
 - Hajukaasujen ja muiden jakeiden poltto eri paikoissa
 - Havu-/lehtipuu
 - Vaihtelevat polttoaineet meesauunissa
- NO_x- ja SO₂-päästötasot jätetty paikalliseen harkintaan yli 83 % mustalipeän kaapitoisuudessa
- Metsäteollisuuden lähtökohta: BAT-kelpoisuus tulisi tarkistaa ominaispäästöllä vuosikeskiarvona



BAT-päätelmät

Selluntuotanto – hiukkaspäästöt

- Hiukkaspäästöjen osalta päädyttiin erikoiseen ratkaisuun, annettiin omat päästötasot:
 - uusille ja perusparannetuille laitoksille (esim. soodakattila 25 mg/Nm³)
 - olemassa oleville (soodakattila 40 mg/Nm³)
 - käyttöikänsä loppua lähestyvillä sähkösuodattimilla varustetuille olemassa oleville laitoksille (soodakattila 50 mg/Nm³)
- Taustalla ajatus, että kun tehdään investointi voidaan tähdätä hieman parempaan suoritustasoon, mutta silti ei pakoteta kaikkia tehtaita investoimaan
- Metsäteollisuuden tulkinta:
 - Käyttöikänsä loppua lähestyvillä sähkösuodattimilla varustettujen laitosten BAT-päästötaso lähtökohdaksi
 - Jos olemassa olevia suotimia korjataan, uusitaan sisäkalut, virtalähde jne. tai lisätään kahden entisen suotimen lisäksi kolmas lisäsuodin, BAT-päästötasoksi tulee olemassa olevan taso
 - Jos perusteellisesti uusitaan sähkösuotimet (korvataan olemassa olevat kokonaan uusilla), päästötaso on uuden ja perusparannetun laitoksen tasoa

BAT-päätelmät

Selluntuotanto – laimeat jäännöskaasut ja hajapäästöt *

- Väkevien ja laimeiden hajukaasujen keräilyä koskevat BAT-tekniikat käytössä suomalaisissa tehtaissa
- BAT-päästötasoksi TRS-kokonaispäästöille laimeissa jäännöskaasuissa on annettu 0,05–0,2 kg S/Adt
- Lisäksi laimeiden jäännöskaasujen ja hajapäästöjen jaksottaista monitorointia esitetty
- Metsäteollisuuden tulkinta:
 - Suomessa lähtökohtaisesti erittäin hyvä tilanne muuhun Eurooppaan nähden
 - Tulee harkita onko laimeille jäännöskaasuille tarpeellista ja tarkoituksenmukaista asettaa erillistä lupaehtoa
 - Keräilyjärjestelmien tehokkuuden kautta katsottava asiaa
 - Kerran vuodessa tietyt kohteet tarkasteluun (monitorointi)

* Laimeat jäännöskaasut: Laimeat kaasut, jotka vapautuvat muualta kuin soodakattilasta, meesauunista tai hajukaasukattilasta

Hajapäästöt: Päästöt, jotka syntyvät haihtuvien aineiden tai pölyn suorasta (kanavoimattomasta) vapautumisesta ympäristöön normaalien toimintaolosuhteiden vallitessa

BAT-päätelmät

Mekaanisen massan valmistus ja paperinvalmistus

- Mekaaninen massan valmistus
 - Mekaanisen massan valmistuksen päästötasot sisältävät myös paperinvalmistuksen
 - Korkeampi COD-taso kun mekaaninen massa on korkealle vaaleustasolle valkaistua
 - Kelaatinmuodostajien typen huomioon ottaminen
- Paperin valmistus
 - Erikoispapereille omat päästötasot
 - Alaviite ”erikoisille” erikoispaperitehtaille



BIOTALOUDEN SUUNNANNÄYTTÄJÄ



LIITE II

**Polttoperäisten päästöjen ja nano-hiukkasten
haitallisuuden määrittäminen uudella
tutkimusmenetelmällä (POPE), Itä-Suomen Yliopisto
- loppuraportti 08/2014**

Mittausraportti

HIUKKAS- JA TOKSISUUSMITTAUKSET SELLUTEHTAAN SOODAKATTILASTA JA LÄMPÖLAITOKSEN HAKEKATTILASTA

Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos, Pienhiukkas- ja aerosoliteknikan laboratorio

Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos, Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Ilmatieteen laitos, Kuopion yksikkö

Hanna Koponen

Miika Kortelainen

Pasi Jalava

Oskari Uski

Stefanie Kasurinen

Ilpo Nuutinen

Kari Kuuspalo

Jarkko Tissari

Ari Leskinen

Kari Lehtinen

Jorma Jokiniemi

Maija-Riitta Hirvonen

Esipuhe

Tämä raportti on osa Tekesin julkisen tutkimuksen projektia ” Polttoperäisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä (POPE)” Päättönumero 40469/10.

Hankkeen tavoitteena oli selvittää soodakattilan ja hakekattilan hiukkaspäästöjen kemiallisen koostumuksen ja toksikologisten ominaisuuksien välistä yhteyttä.

Hankkeessa kerättiin hiukkasnäytteet sellutehtaan soodakattilan savukaasuista 26.–30.11.2012 välisenä aikana ja lämpölaitoksen hakekattilan savukaasuista 27.2–6.3.2013 välisenä aikana. Näytteistä analysoitiin hiukkaspitoisuudet, kokojakaumat ja kemiallinen koostumus sekä toksikologiset vasteet.

Kuopiossa 18.8.2014.

Jorma Jokiniemi

Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos

Pienhiukkas- ja aerosoliteknikan laboratorio

Professori

Maija-Riitta Hirvonen

Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos

Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Professori

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO.....	4
2.	MITTAUKSET JA ANALYYSIT	4
2.1.	Mittausjärjestelyt	4
2.2.	Näytteiden käsittely	7
2.3.	Päästöjen määrittäminen	8
2.4.	Hiukkasanalyysit	8
2.5.	Toksikologiset analyysit	9
3.	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	13
3.1.	PM ₁ -päästöt	13
3.2.	Hiukkasten koostumus.....	15
3.3.	Toksikologiset analyysit	18
4.	JOHTOPÄÄTÖKSET	22

1. JOHDANTO

Soodakattilan hiukkasnäytteet kerättiin 26. – 30.11.2012 sellutehtaan soodakattilan savukaasuista kahdesta pisteestä: (1) välittömästi sähkösuodattimen jälkeen ja (2) savukaasupesurin (yksivaiheinen, jokivettä käyttävä pesuri (liite 6)) jälkeen. Hakekattilan hiukkasnäytteet kerättiin 27.2–6.3.2013 lämpölaitoksen hakekattilan savukaasuista kahdesta pisteestä, ennen ja jälkeen sähkösuodattimen (ESP). Näytteistä laskettiin PM₁-päästöt (alle 1 µm kokoiset hiukkaset) sekä kokonaispäästöt. Lisäksi analysoitiin polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) ja alkuaine- ja ionikoostumus. Päästöjen lisäksi tutkittiin hiukkasnäytteiden aiheuttamia toksikologisia vasteita.

2. MITTAUKSET JA ANALYYSIT

2.1. Mittausjärjestelyt

Soodakattilan mittaukset suoritettiin sellutehtaalla 26.–30.11.2012. Hiukkasnäytteitä otettiin kahdesta eri näytteenottopisteestä, niistä ensimmäinen sijaitsi savukaasukanavassa välittömästi sähkösuodattimen jälkeen ja toinen pesurin jälkeen savupiipussa. Sähkösuodattimen jälkeen kerättiin yhteensä kuusi näytettä, jotka yhdistettiin analyysijä varten kahdeksi uutoksi (SOODA A ja SOODA B). Savukaasupesurin jälkeen kerätyt kolme näytettä yhdistettiin yhdeksi uutoksi (SOODA Pesuri).

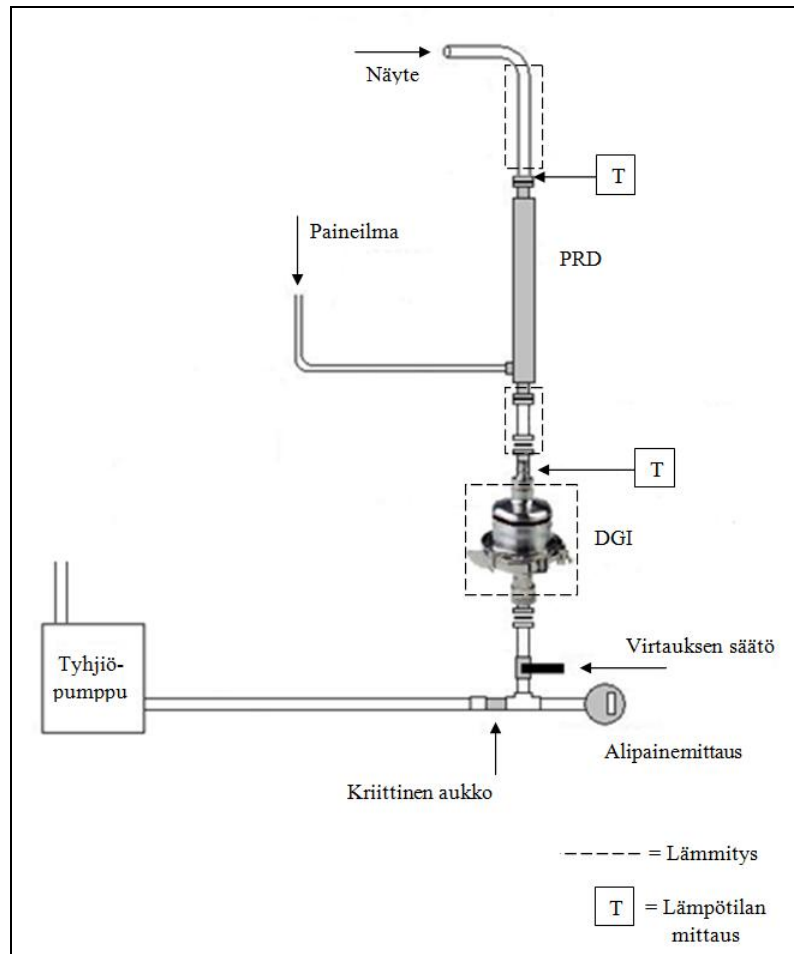
Hakekattilan mittaukset suoritettiin lämpölaitoksella 27.2–6.3.2013. Laitoksen teho oli mittaushetkellä noin 3-4 MW, kun kattilan nimellisteho on 10 MW. Hiukkasnäytteitä otettiin hakekattilan savukaasusta ennen sähkösuodatinta ja sähkösuodattimen jälkeen. Ennen sähkösuodatinta kerättiin neljä näytettä, jotka yhdistettiin analyysijä varten kahdeksi uutoksi. Näytteeseen ”HAKE ennen ESP PM1” uutettiin alle 1 µm kokoiset hiukkaset ja näytteeseen ”HAKE ennen ESP TSP” uutettiin kaikki hiukkaskoot. Sähkösuodattimen jälkeen kerättiin seitsemän näytettä, jotka yhdistettiin näytteeksi ”HAKE jälkeen ESP TSP”.

Hiukkasnäytteet kerättiin DGI-keräimellä (Dekati Gravimetric Impactor). DGI on viisiasteinen gravimetrinen kaskadi-impaktori, jolla pystytään keräämään toksikologisten analyysien vaatimia suuria näytemääriä (Ruusunen ym. 2011). DGI jaottelee hiukkaset viiteen kokoluokkaan aerodynaamisen halkaisijan mukaan (>2,5 µm, 2,5-1 µm, 1-0,5 µm, 0,5-0,2 µm ja <0,2 µm). Keräysalustoina DGI:ssa käytettiin teflonsuodattimia (PTFE, valmistaja Millipore, huokoskoko 3 µm, mallit FSLW04700 ja FSLW09025).

Näytteen laimentamiseen käytettiin huokoisen putken laimenninta (PRD) (Lyyränen ym. 2004), johon syötettiin paineilmaa. Soodakattilamittauksissa paineilma tuotettiin sellutehtaan laitteistolla ja se puhdistettiin öljypisaroista ja hiukkasista paineilmalinjaan asennetulla säädettävällä Wilkerson paineenalennin/pisarasuodattimella ja Wilkerson aktiivihiihiisuodattimella. Sähkösuodattimen jälkeisissä näytteenotoissa käytettiin jokaisen keräyksen aikana noin kaksinkertaista laimennusta. Pesurin jälkeisissä näytteenotoissa laimennusta jouduttiin nostamaan savukaasun runsaan kosteuden vuoksi noin seitsenkertaiseksi. Hakekattilamittauksissa paineilma tuotettiin lämpölaitoksen laitteistolla. Se kuivattiin

Winkler-kuivaimella ja puhdistettiin öljypisaroista ja hiukkasista paineilmalinjaan asennetulla säädettävällä Wilkerson paineenalennin/pisarasuodattimella ja Wilkerson aktiivihilisuodattimella. Näytteenotossa käytettiin noin viisikertaista laimennusta.

Hiukkaskeräyksen mittausjärjestely on esitetty kuvassa 1. Soodakattilamittauksissa näytelinja lämmitettiin ennen laimenninta 110 °C:n lämpötilaan. Lisäksi DGI ja laimentimen jälkeinen linja lämmitettiin 60 °C:n lämpötilaan. Hakekattilamittauksissa näytelinjan lämpötila ennen laimenninta oli n. 90 °C. DGI:n lämpötila oli n. 63 °C. Laimennusilman tilavuusvirtaus säädettiin ennen keräystä sopivaksi. Kokonaisvirtaus (näytevirtaus + laimennusilma) pidettiin keräyksen ajan noin 70 l/min säätämällä virtausta neulaventtiilin avulla siten, että alipaine ennen kriittistä aukkoa pysyi vakiona (Kuva 1). Ennen sähkösuodatinta alipaineen kasvaessa niin suureksi, ettei sitä voinut enää venttiiliä säätämällä rajoittaa katsottiin DGI:n pohjasuodattimen täyttyneen ja keräys lopetettiin. Hakekattilan sähkösuodattimen jälkeisessä keräyksessä suodattimet eivät täyttyneet. Soodakattilan keräysten pituudet vaihtelivat sähkösuodattimen jälkeisissä näytteenotoissa 120 minuutista 155 minuuttiin ja pesurin jälkeisissä keräyksissä näytettä otettiin pisimmillään yli 17 tuntia. Hakekattilan keräysten pituudet vaihtelivat ennen sähkösuodatinta 47 minuutista 73 minuuttiin ja sähkösuodattimen jälkeen 555 minuutista 902 minuuttiin. Keräysten välissä DGI puhdistettiin 70 %:lla etanoliliuoksella.



Kuva 1. Hiukkasmittausjärjestelmä.

Soodakattilan näytteet kerättiin taulukon 1 mukaisesti. Lisäksi analyysihin otettiin mukaan kaksi blank- eli kontrollinäytettä. Blank-näytteenotossa osat asetetaan keräimeen kuten tavallisesti, mutta näytettä ei kerätä.

Taulukko 1. Soodakattilasta kerätyt näytteet

Päivämäärä	Mittauspiste	Näyte	Keräysaika
26.11.2012	Sähkösuodatin	POPE019	klo 15:23–17:53
26.11.2012	Sähkösuodatin	POPE020	klo 18:00–20:30
27.11.2012	Sähkösuodatin	POPE021	klo 10:10–12:10
27.11.2012	Sähkösuodatin	POPE022	klo 12:25–15:00
27.11.2012	Sähkösuodatin	POPE023	klo 15:15–17:30
27.11.2012	Sähkösuodatin	POPE024	klo 17:35–20:05
28.11.2012	Pesuri	POPE026	klo 14:11–21:01
28.–29.11.2012	Pesuri	POPE027	klo 21:15–9:15
29.–30.11.2012	Pesuri	POPE031	klo 21:25–15:00

Näytteet yhdistettiin seuraavasti:

- POPE019, POPE020 ja POPE021 yhdistettiin näytteeksi SOODA A
- POPE022, POPE023 ja POPE024 yhdistettiin näytteeksi SOODA B

- POPE026, POPE027 ja POPE031 yhdistettiin näytteeksi SOODA Pesuri
- Blank-näytteet: SOODA Blank ja SOODA Blank 2

Hakekattilan näytteet kerättiin taulukon 2 mukaisesti. Lisäksi analyysieihin otettiin mukaan kaksi blank- eli kontrollinäytettä.

Taulukko 2. Hakekattilasta kerätyt näytteet.

Päivämäärä	Mittauspiste	Näyte	Keräysaika
27.2.2013	ESP:n jälkeen	POPE061	klo 10.05-20.40
27.2.2013	ESP:n jälkeen	POPE062	klo 21.00-10.05
28.2.2013	ESP:n jälkeen	POPE063	klo 10.20-10.43
28.2.2013	ESP:n jälkeen	POPE064	klo 19.55-11.15
1.3.2013	ESP:n jälkeen	POPE065	klo 11.30-21.10
1.3.2013	ESP:n jälkeen	POPE066	klo 21.35-11.50
1.3.2013	ESP:n jälkeen	POPE072	klo 22.00-11.05
5.3.2013	ennen ESP	POPE043	klo 18.50-19.37
6.3.2013	ennen ESP	POPE044	klo 8.45-9.55
6.3.2013	ennen ESP	POPE045	klo 10.05-11.02
6.3.2013	ennen ESP	POPE046	klo 11.20-12.10
6.3.2013	ennen ESP	POPE048	klo 13.47-15.00
6.3.2013	ennen ESP	POPE042	klo 15.15-16.16
6.3.2013	ennen ESP	POPE077	klo 16.29-17.23
6.3.2013	ennen ESP	POPE078	klo 17.32-18.21
-	Blank	POPE047	-
-	Blank	POPE069	-

Näytteet yhdistettiin seuraavasti:

- POPE043 ja POPE048 yhdistettiin (tasot 1,2 ja 3) näytteeksi HAKE ennen ESP PM1
- POPE042 ja POPE077 yhdistettiin (kaikki tasot) näytteeksi HAKE ennen ESP TSP
- POPE061, POPE062, POPE063, POPE064, POPE065, POPE066 ja POPE072 yhdistettiin (kaikki tasot) näytteeksi HAKE jälkeen ESP TSP
- POPE047 (kaikki tasot) näytteeksi HAKE Blank
- POPE069 (kaikki tasot) näytteeksi HAKE Blank 2

2.2. Näytteiden käsittely

Suodattimet punnittiin täysmikrova'alla (tarkkuus 10 µg) ennen ja jälkeen keräyksen hiukkasmassan määrittämiseksi. Suodattimet säilytettiin -20 °C:ssa keräysten ja punnitusten välillä. Hiukkaset uutettiin suodattimilta metanoliin ultraäänivesihauteessa ja uutos jaettiin lasiputkiin massaperusteisesti. Ylimääräinen

metanoli haihdutettiin hiukkasnäytteistä pois typpivirrassa. Näytteet säilytettiin -20 °C:ssa toksisuuskokeita ja kemiallisia analyysejä varten.

2.3. Päästöjen määrittäminen

Soodakattilan päästöjen laskemisessa käytettiin sellutehtaan toimittamia arvoja savukaasun kosteudelle ja happipitoisuudelle. Pitoisuudet (mg/m^3) normitettiin 3 % happeen, 0 °C lämpötilaan ja kuivaan savukaasuun. Tulokset laskettiin myös massana tuotettua energiayksikköä kohti (mg/MJ), laskennassa käytettiin mustalipeän tehollisena lämpöarvona kiinteää arvoa 10,7 MJ/kg.

Hakekattilan päästöjen laskemisessa käytettiin edellisissä mittauksissa mitattuja arvoja savukaasun kosteudelle (Kaivosoja ym. 2013). Happipitoisuudelle ja savukaasun lämpötilalle käytettiin lämpölaitoksen mittaamia arvoja. Pitoisuudet (mg/m^3) normitettiin 6 % happeen, 0 °C lämpötilaan ja kuivaan savukaasuun. Tulokset laskettiin myös massana tuotettua energiayksikköä kohti (mg/MJ), laskennassa käytetty hakkeen tehollinen lämpöarvo laskettiin lämpölaitoksen ilmoittaman polttoaineen kosteuspitoisuuden avulla.

2.4. Hiukkasanalyysit

PAH-analyysit

Näytteiden uutto aloitettiin lisäämällä Kimax-putkiin 1 ml dikloorimetaania, minkä jälkeen näytteitä pidettiin kylmiössä yön yli. Seuraavaksi näytteisiin lisättiin 0,5 ml:a (500 nanogrammaa) sisäistä deuterioitua PAH-standardia (tuote Z-014J, AccuStandard Inc.) sekä 2 ml:a dikloorimetaania. Näytteitä uutettiin ultraäänellä 15 minuutin ajan. Näytteisiin lisättiin 15 tippaa nonaania. Putkissa oleva dikloorimetaani haihdutettiin typpivirrassa niin, että näytteen tilavuudeksi jäi noin 100 μl , tämän jälkeen näytteisiin lisättiin 2 ml heksaania. Näytteiden heksaaniuutteille tehtiin kolonnikromatografinen puhdistus alumiinioksidikolonnila. Alumiinioksidikolonnit esikäsiteltiin valuttamalla niiden läpi noin 10 ml heksaania, minkä jälkeen näytteet välittömästi eluoiittiin kolonnien läpi. Kolonnit puhdistettiin ensin noin 10 ml:lla heksaania ja sitten noin 10 ml:lla dikloorimetaania omiin kimax-putkiinsa, jolloin PAH-yhdisteet eluoituivat kolonnien läpi. Lopuksi näytteiden dikloorimetaanifraktiot haihdutettiin vielä typpivirtauksessa noin 100 μl :an ja siirrettiin vial-pulloihin. Nollanäyte tehtiin käsittelemällä tyhjä Kimax-putki kuten edellä.

Näytteiden ajoon käytettiin kaasukromatografi-massaselektiivinen detektori – laitteistoa (6890N GC-5973 INERT MSD, Agilent Technologies) ja valittujen ionien seuranta (SIM). Kvantitointi tehtiin sisäisen standardin menetelmällä (naftaleeni-d8, asenafteeni-d10, fenantreeni-d10, kryseeni-d12 ja peryleeni-d12). Ulkoisena standardina ajoissa käytettiin 30 PAH -yhdisteen standardiliuosta, joka sisälsi myös käytetyn sisäisen standardin. Menetelmän määrittämisraja on 0,1 ng/mg.

Alkuaineiden ja ionien määrittäminen

Alkuaineet ja ionit analysoitiin Eurofins Scientific Finland Oy:n laboratoriossa. Alkuaineet (Li, Be, B, Na, Mg, Al, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb, Bi, Th, U) määritettiin ICP-MS (Inductive Coupled Plasma – Mass spectrometer) –menetelmällä (laite Agilent 7700), standardin EN ISO 17294-2 mukaisesti. Ionit (anionit) (Br^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , F^- , PO_4^{3-}) määritettiin IC (Ion Chromatography) menetelmällä (laite Metrohm, malli Compact 882 ICplus, kolonni Metrosep a SUPP5-150/4.0), standardin EN ISO 10304-1/2 mukaisesti. Menetelmien määrittämisraajat olivat seuraavat: Be, B, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Rb, Sr, Mo, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb, Bi, Th ja U 0,005 µg; Li, Al, Ti, Mn, Zn ja Ag 0,025 µg; Fe 0,075 µg; Mg ja Ca 0,25 µg; Na, K, Br^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 1 µg; F^- 2 µg.

2.5. Toksikologiset analyysit

Koejärjestelyt

Ennen varsinaisia toksisuuskokeita hiukkanäytteet liuotettiin pieneen määrään DMSO:ta ja steriiliä vettä. Näytteitä sonikoitiin ultraäänivesihauteessa 30 minuuttia ennen solujen altistamista. Hiiren makrofagisolulinjaa RAW264.7 altistettiin 24 tunnin ajan hiukkanäytteille käyttäen neljää aikaisempien kokeiden perusteella valittua annosta (15, 50, 150 ja 300 µg/ml) (Jalava ym. 2010) ja kontrolleja (positiivinen ja negatiivinen kontrolli sekä blank-suodatinnäyte). Toksikologisten kokeiden annosvalinnalla tulee varmistaa sigmoidin muotoinen annosvasteikäyrä; alin annos aiheuttaa vain vähäisen vasteen ja ylin annos voi aiheuttaa mitattavan reaktion. Maksimivastetta kyseisessä koejärjestelyssä kontrolloitiin käyttäen positiivikontrollireagenssia.

Kaikki altistukset toistettiin kolmena itsenäisenä kokeena. Altistuksen jälkeen mitattiin solususpensiosta akuuttia solukuolemaa MTT-testillä ja propidiumjodidi (PI) värjäyksellä. Solusyklin vaiheet ja ohjelmoitu solukuolema määritettiin virtausytometrillä etanoli-fiksatuista soluista. Tulehdusvälittäjäainetuotanto mitattiin myöhemmin pakastetuista kasvatusmedieista entsyymivälitteinen immunosorbenttimääritys (ELISA) menetelmällä.

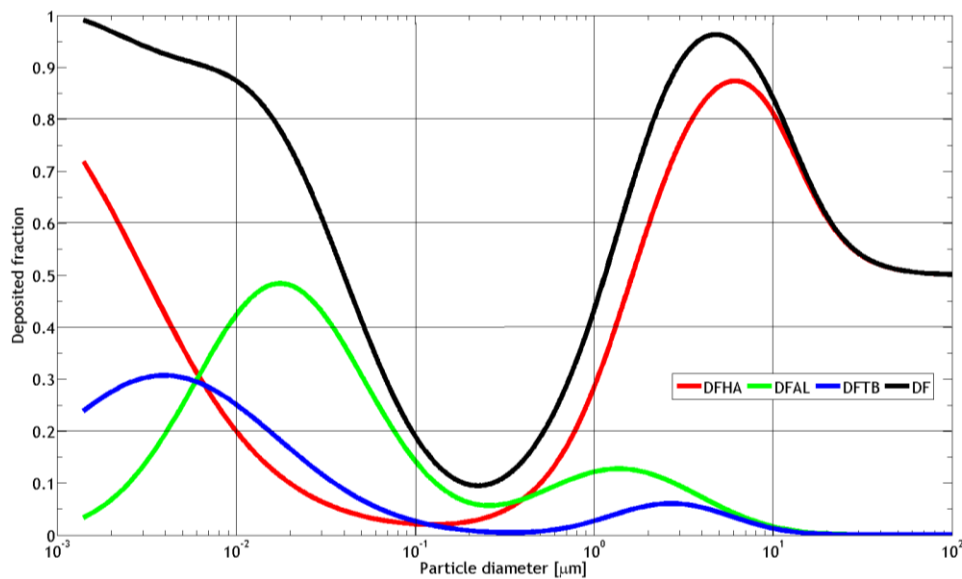
Soluviljely

Hiiren RAW264.7 monosyyttimakrofagisolulinjaa (ATCC, American Type Culture Collection) kasvatetaan RPMI 1640 kasvatusliuoksessa (sis. 10 % inaktivoitua FBS:ää, 2 mM L-glutamiinia ja 100 U/ml penisilliini-streptomysiiniä) + 37 °C:ssa ja 5 % hiilidioksidipitoisuudessa.

Solutoksisuus

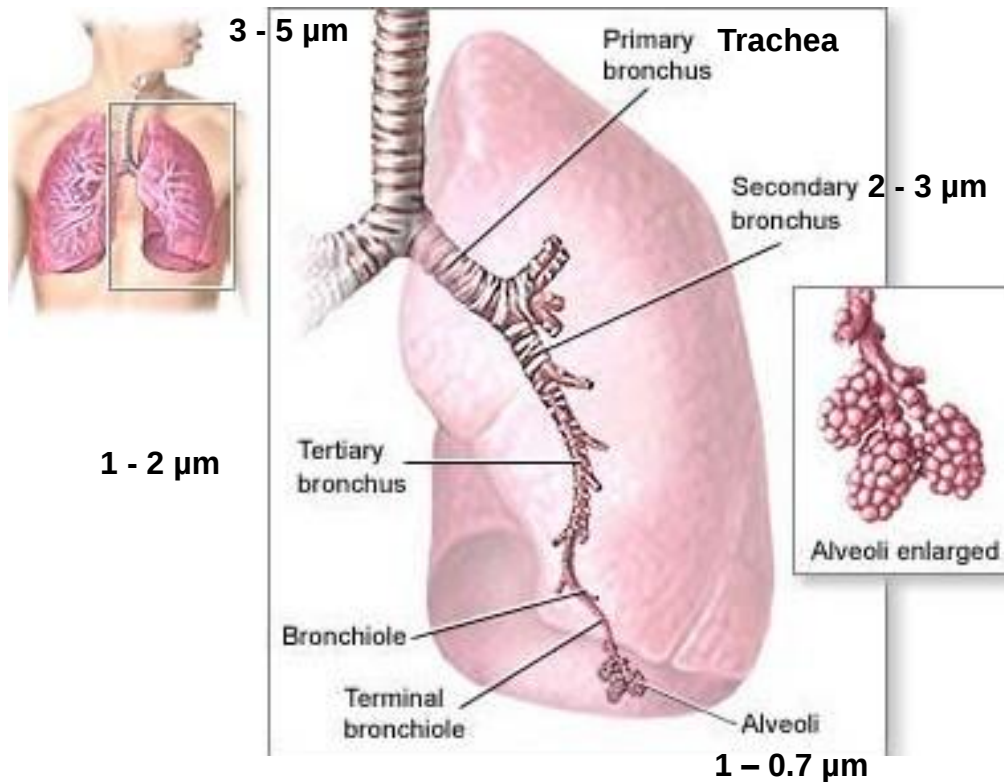
Solukuolema ja kudosaauriot liittyvät hengitystie- ja sydänsairauksien syntyyn. Solutoksisuus on yhdistetty mm. astman patogeenisiin ja muihin keuhkosairauksiin kuten esim. keuhkoastmaautiin. Lisäksi viimeaikoina solutoksisuudella on myös osoitettu olevan yhteyksiä sydän- ja verisuonisairauksiin.

Solutoksisuus (nekroosi, apoptoosi) on yksi tärkeimmistä mekanismeista pienhiukkasten aiheuttamien terveyshaittojen takana. Pienhiukkasten koko vaikuttaa niiden kulkeutumiseen hengitysteissä (kuva 2). Karkeat pienhiukkaset (PM₁₀; aerodynaaminen halkaisija < 10 µm) pysähtyvät ylähengitysteihin, hienot hiukkaset (PM_{2.5}; < 2.5 µm) pääsevät bronkusten (keuhkoputki) tasolle ja pienhiukkaset joiden halkaisija on alle 1 µm, päätyvät alveoleihin (keuhkorakkuloihin) asti. Hyvin pienet nanohiukkaset (halkaisija alle 10 nm) jäävät osin jo ylähengitysteihin ja osin keuhkoputkiin. Näin pieniä nanohiukkasia ei kuitenkaan yleensä esiinny polton päästöissä. Kuvassa 2 on esitetty hiukkasten depositiotehokkuus hiukkaskoon suhteen.



Kuva 2. Kokonaisdepositiosuus (=DF); ylähengitysteiden depositio-osuus (DFHA); keuhkorakkula-alueen depositio-osuus (DFAL) ja keuhkoputkialueen depositio-osuus (DFTB) hiukkaskoon funktiona

Kuvassa 3 on esitetty hengitysteistä havaittujen hiukkasten tyypillisiä kokoja.



Kuva 3. Hengitysteistä havaittujen pienhiukkasten tyypillisiä kokoja.

Nekroottisessa solukuolemassa solut turpoavat ja hajoavat, jolloin vapautuva solunsisältö aiheuttaa tulehdusreaktion. Näin ollen nekroosiin liittyy myös tulehdusreaktio. Apoptoottisessa (ohjelmoidussa) solukuolemassa solun DNA fragmentoituu, solu kutistuu ja kuolee. Apoptoosiin ei yleensä liity tulehdusta.

MTT - elävyytestesti: Solujen elävyys mitattiin spektrofotometrisesti määrittämällä toimivien mitokondrioiden ja endoplasmakalvoston määrää altistetuissa soluissa ja vertaamalla vastetta kontrollisoluihin. Toimintakuntoisen solun mitokondriot muuttavat MTT:n valoa absorboivaksi formazaaniksi, joka voidaan mitata aallonpituudella 570 nm.

Nekroottisten tai apoptoosin myöhäisessä vaiheessa olevien solujen osuuden määrittäminen: Propidiumjodidi (PI) läpäisee nekroottisten ja apoptoosin (ohjelmoitu solukuolema) myöhäisessä vaiheessa olevien solujen solukalvon. Näiden solujen osuus voidaan määrittää virtaussytometrisesti tuoreista soluista.

Solusyklianalyysi: Solusykli ja apoptoottisten solujen osuus analysoitiin virtaussytometrillä PI:llä värjätystä soluista, joiden solukalvo on heikennetty ennen värjäystä PI:a läpäiseväksi etanolilla.

Tulehdus

Tulehdusreaktioiden avulla elimistö pyrkii pääsemään vierasaineista eroon ja korjaamaan vaurioita kudoksessa. Tulehdusreaktiota säätelevät mm. sytokiinit ja solujen typpioksidituotanto. Sytokiinit ovat pieniä polypeptidejä, jotka muodostavat monimutkaisen verkoston elimistön puolustusjärjestelmässä. Nämä signaalimolekyylit säätelevät tulehdusvasteita ja ovat tärkeitä elimistön puolustautuessa haitallisille

altisteille, kuten pienhiukkasille sekä myrkyllisille kemikaaleille. Useat elimistön puolustussolut (esim. makrofagit) voivat altistuessaan aktivoitua tuottamaan typpioksidia. Kohonneet typpioksidipitoisuudet liittyvät tulehdussairauksiin esim. astmaan, keuhkohtaumatautiin, allergiaan ja sydänsairauksiin.

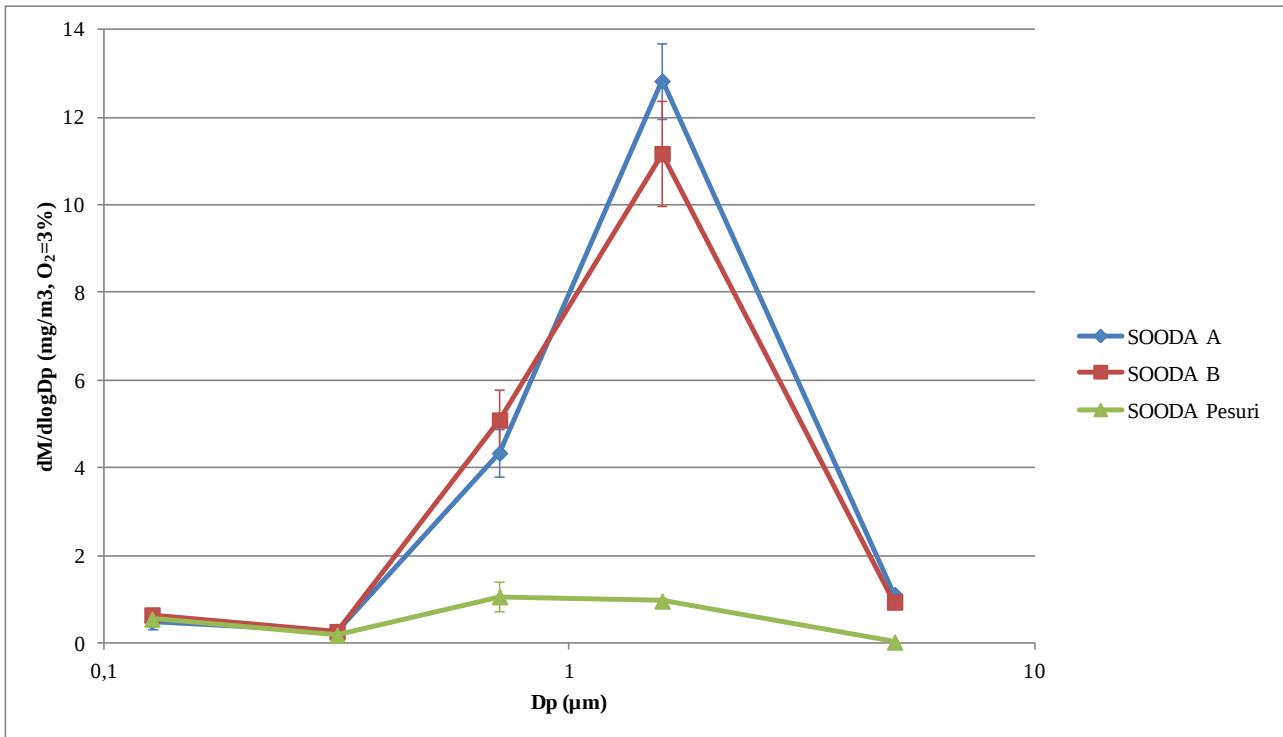
Sytokiinituotannon määrittäminen: RAW267.4 solujen sytokiinituotanto ($\text{TNF}\alpha$ ja MIP2) analysoitiin soluviljelymediumista kaupallisen ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) – kitin avulla spektrofotometrisesti.

Typpioksidituotannon määrittäminen: Tulehdusvasteisiin ja solukuolemaan vaikuttavan typpioksidin (NO) tuotanto määritettiin spektrofotometrisesti Griess:n reaktion kautta soluviljelymediumista.

3. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

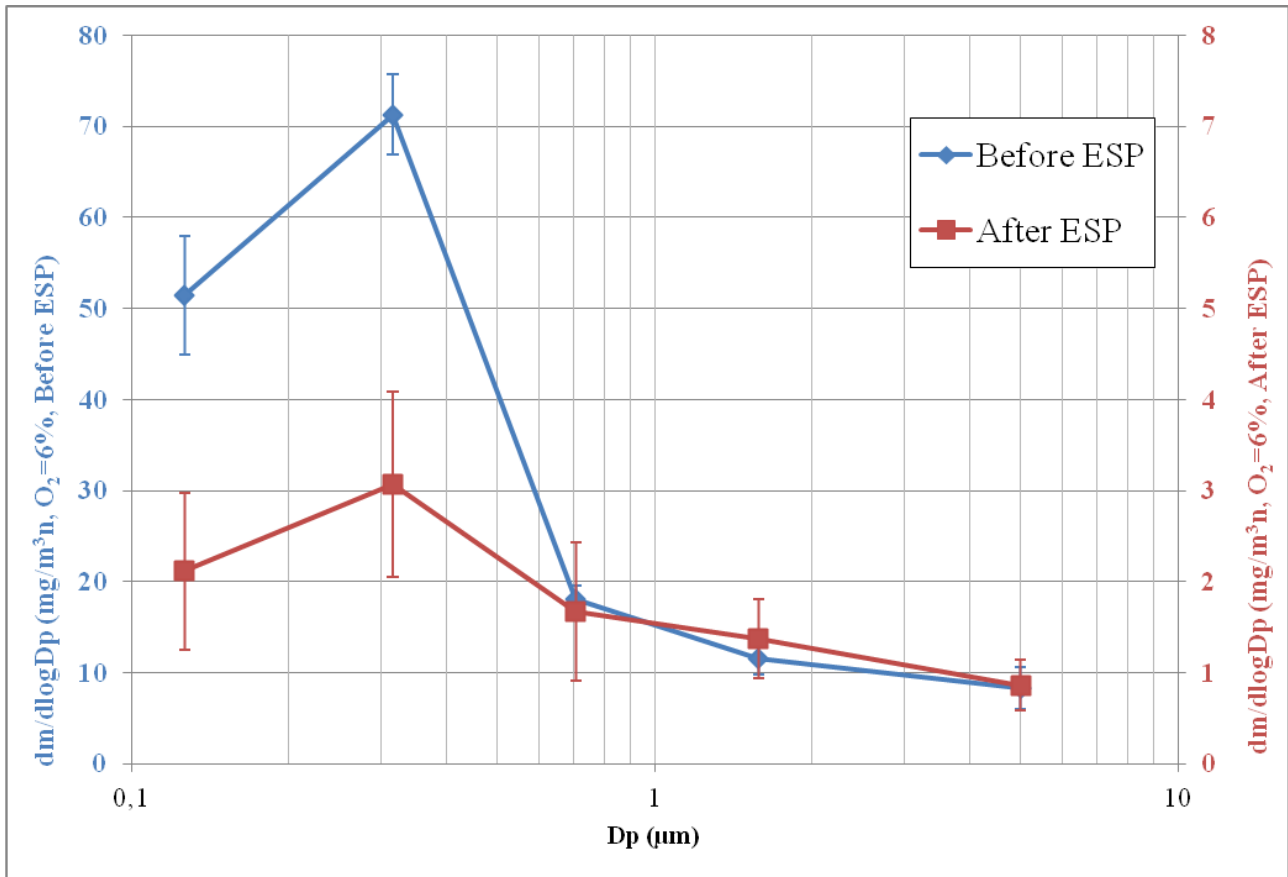
3.1. PM₁-päästöt

Soodakattila: PM₁-pitoisuudet olivat näytteessä SOODA A $7,4 \pm 0,3 \text{ mg/m}^3$, näytteessä SOODA B $6,9 \pm 0,4 \text{ mg/m}^3$ ja näytteessä SOODA Pesuri $1,0 \pm 0,3 \text{ mg/m}^3$. Päästöt energiayksikköä kohti olivat vastaavasti $2,3 \pm 0,1 \text{ mg/MJ}$, $2,1 \pm 0,1 \text{ mg/MJ}$ ja $0,1 \pm 0,0 \text{ mg/MJ}$. Näytteiden massakokojakaumat ovat esitetty kuvassa 4. Pesurin erotustehokkuus on esitetty liitteessä 5.



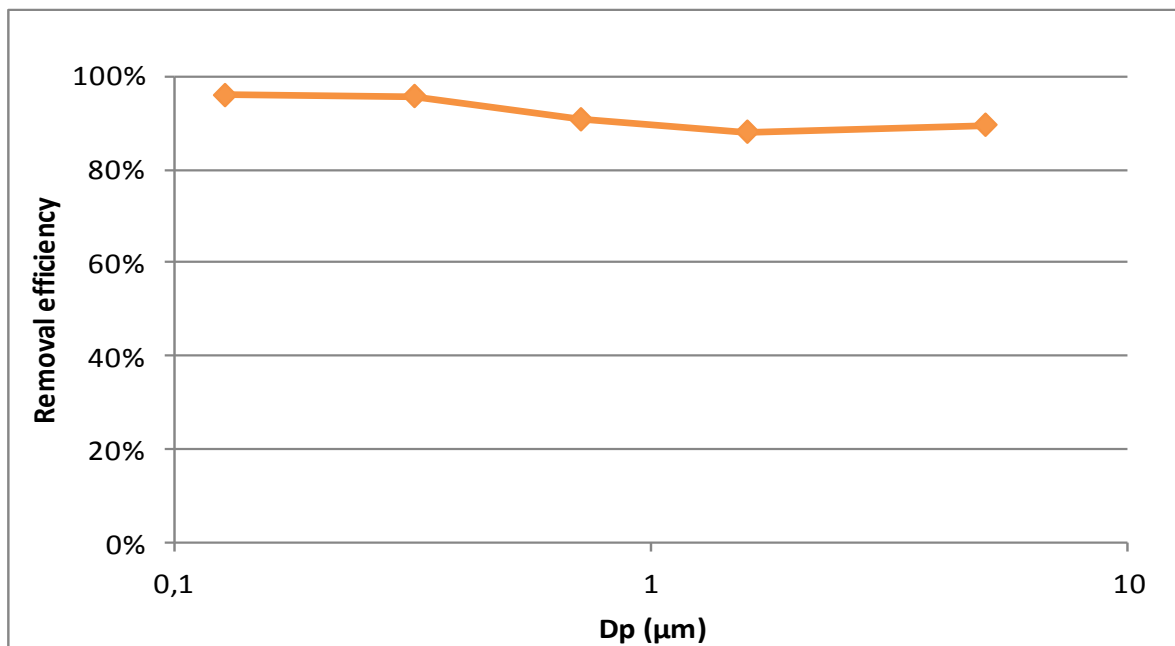
Kuva 4. Hiukkasmassakokojakaumat ja niiden vaihteluvälit sekä sähkösuodattimen että pesurin jälkeisistä näytteistä.

Hakekattila: Ennen sähkösuodatinta PM₁-pitoisuus oli $54,0 \pm 3,4 \text{ mg/Nm}^3$ ja kaikkien hiukkasten pitoisuus $63,5 \pm 4,3 \text{ mg/Nm}^3$. Sähkösuodattimen jälkeen PM₁-pitoisuus oli $2,6 \pm 0,8 \text{ mg/Nm}^3$ ja kaikkien hiukkasten pitoisuus $3,6 \pm 1,1 \text{ mg/Nm}^3$. Päästöt energiayksikköä kohti olivat ennen sähkösuodatinta $22,6 \pm 1,4 \text{ mg/MJ}$ (PM₁) ja $26,6 \pm 1,8 \text{ mg/MJ}$ (kaikki hiukkaskoot). Päästöt sähkösuodattimen jälkeen olivat $1,1 \pm 0,4 \text{ mg/MJ}$ (PM₁) ja $1,5 \pm 0,5 \text{ mg/MJ}$ (kaikki hiukkaskoot). Massakokojakaumat ennen ja jälkeen sähkösuodatinta on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Hiukkasmassakokojakaumat ja niiden vaihteluvälit ennen ja jälkeen sähkösuodattimen otetuista näytteistä.

Hakekattilan sähkösuodattimen erotustehokkuus oli välillä 89,6–95,9 % (kuva 6).



Kuva 6. Sähkösuodattimen erotustehokkuus.

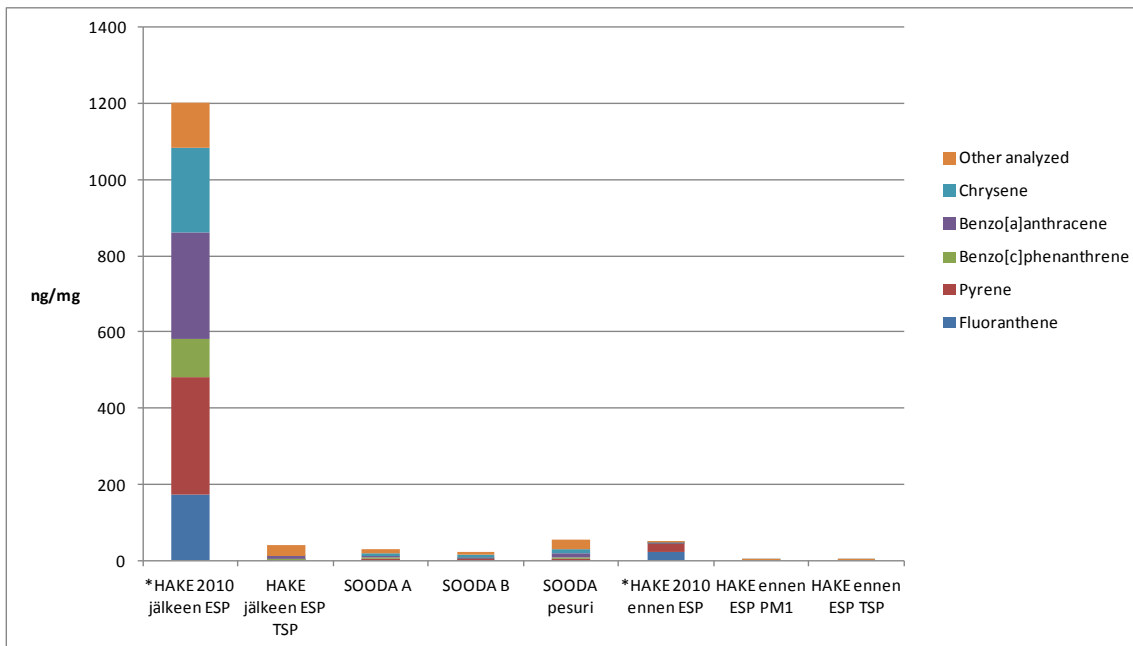
3.2. Hiukkasten koostumus

PAH-yhdisteet

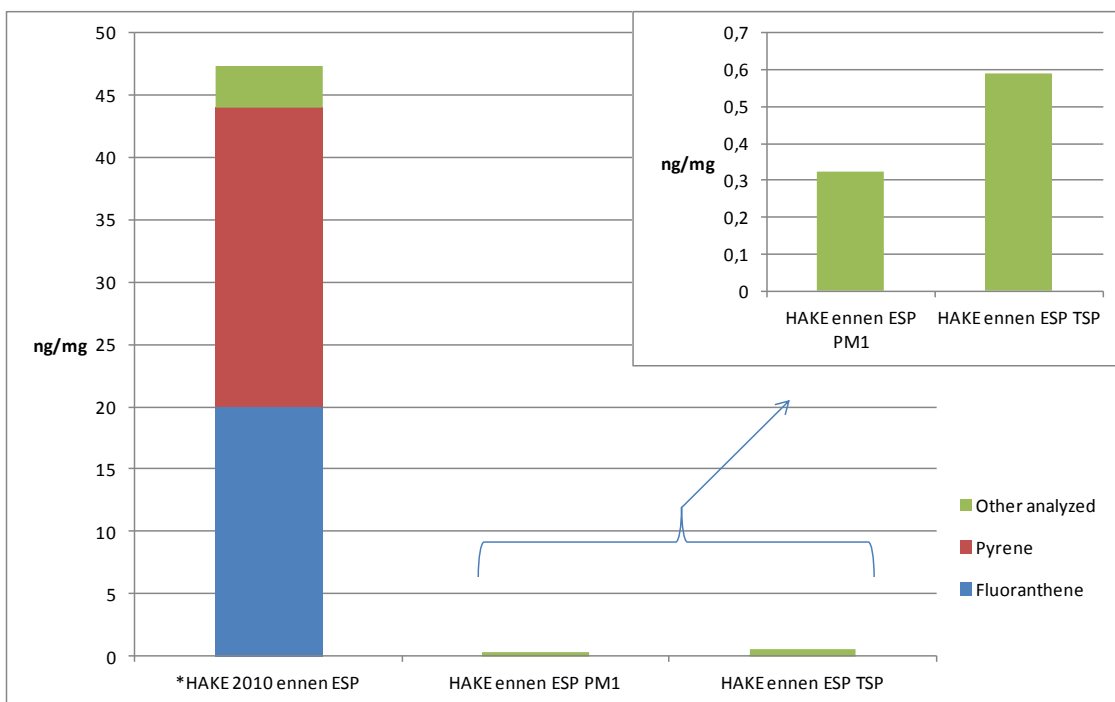
Soodakattila: PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuudet olivat näytteessä SOODA A **29,8 ng/mg**, näytteessä SOODA B **22,9 ng/mg**, näytteessä SOODA Pesuri **52,9 ng/mg** ja näytteessä SOODA blank **0,6 ng/mg** (liite x). Genotoksisten PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat **27,2 ng/mg** (SOODA A), **20,9 ng/mg** (SOODA B) ja **48,6 ng/mg** (SOODA Pesuri) ja **0,1 ng/mg** (SOODA blank). Näytteiden SOODA A, SOODA B ja SOODA Pesuri suhteelliset koostumukset olivat hyvin yhdenmukaisia (liite 1).

Hakekattila: PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuudet olivat ennen sähkösuodatinta kerätyissä näytteissä (HAKE ennen ESP PM1 **0,3 ng/mg** ja HAKE ennen ESP TSP **0,6 ng/mg**) samaa luokkaa kuin blank-näytteessä (HAKE blank **0,3 ng/mg**). Sähkösuodattimen jälkeen kerätyssä näytteessä (HAKE jälkeen ESP TSP **41,4 ng/mg**) pitoisuudet olivat yli 70 kertaa suuremmat. Genotoksisten PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat näytteessä HAKE jälkeen ESP TSP **40,2 ng/mg** ja näytteissä HAKE ennen ESP PM1, HAKE ennen ESP TSP ja Hake blank **0,1 ng/mg** (liite 2).

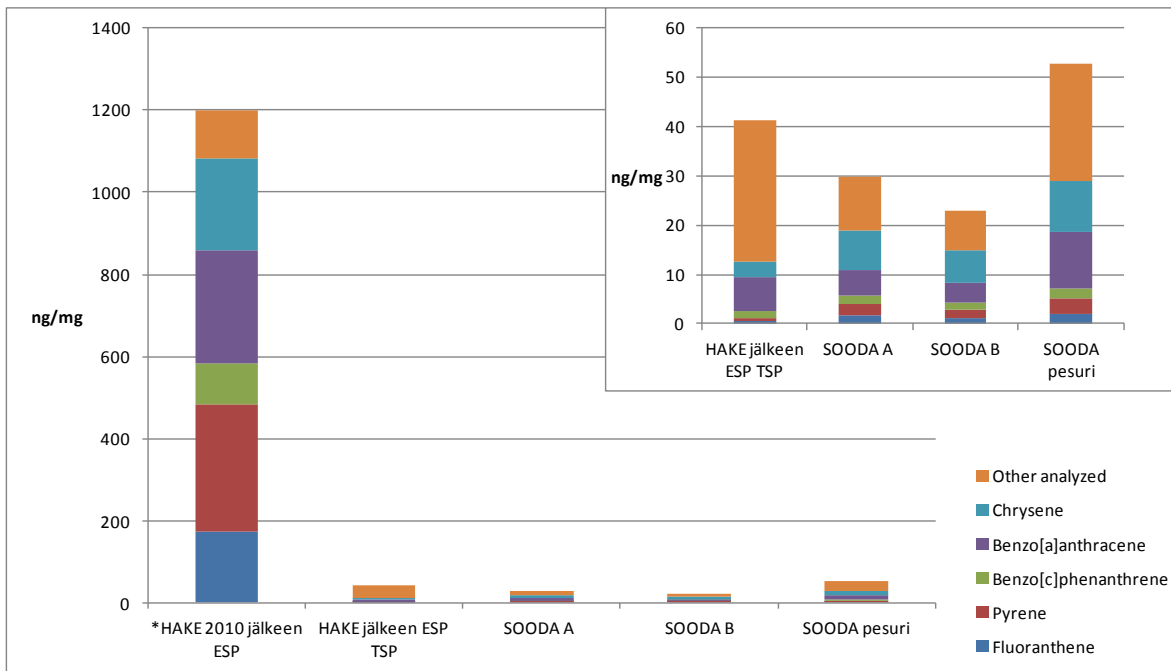
Tuloksia verrattiin vuonna 2010 hakekattilasta kerättyihin näytteisiin (Kaivosoja ym. 2013). Soodakattilanäytteiden PAH-pitoisuudet (sähkösuodattimen ja pesurin jälkeen) olivat samaa luokkaa kuin hakekattilanäytteiden PAH-pitoisuudet sähkösuodattimen jälkeen ja samaa luokkaa kuin vuoden 2010 hakekattilanäytteiden PAH-pitoisuudet ennen sähkösuodatinta. Vuoden 2010 hakekattilanäytteiden PAH-pitoisuudet sähkösuodattimen jälkeen olivat huomattavasti (noin 30 kertaa) suuremmat (kuva 7). Ennen sähkösuodatinta otettujen hakekattilanäytteiden PAH-pitoisuudet olivat pieniä, samaa luokkaa kuin blank-näytteen. Ennen sähkösuodatinta otettujen näytteiden PAH:t on esitetty kuvassa 8 ja sähkösuodattimen jälkeen otettujen näytteiden kuvassa 9.



Kuva 7. Soodakattila ja hakekattilanäytteiden PAH-pitoisuudet.



Kuva 8. PAH-yhdisteiden pitoisuuden ennen sähkösuodatinta otetuissa näytteissä



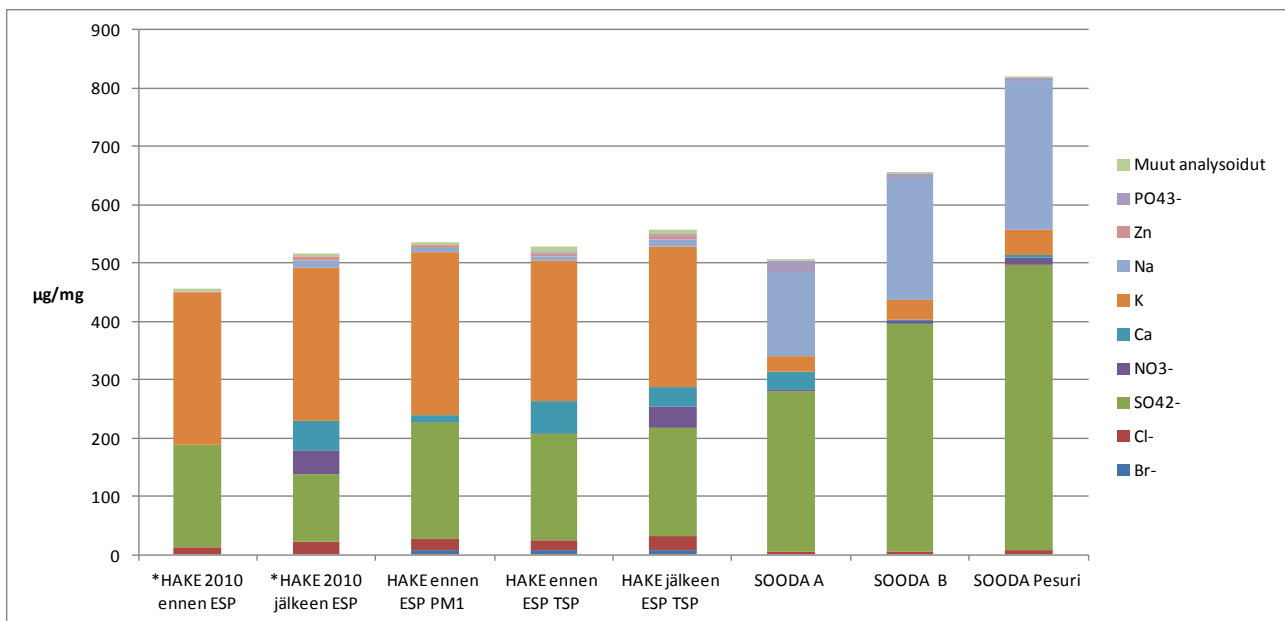
Kuva 9. PAH-yhdisteiden pitoisuudet sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä.

Kemiallinen koostumus

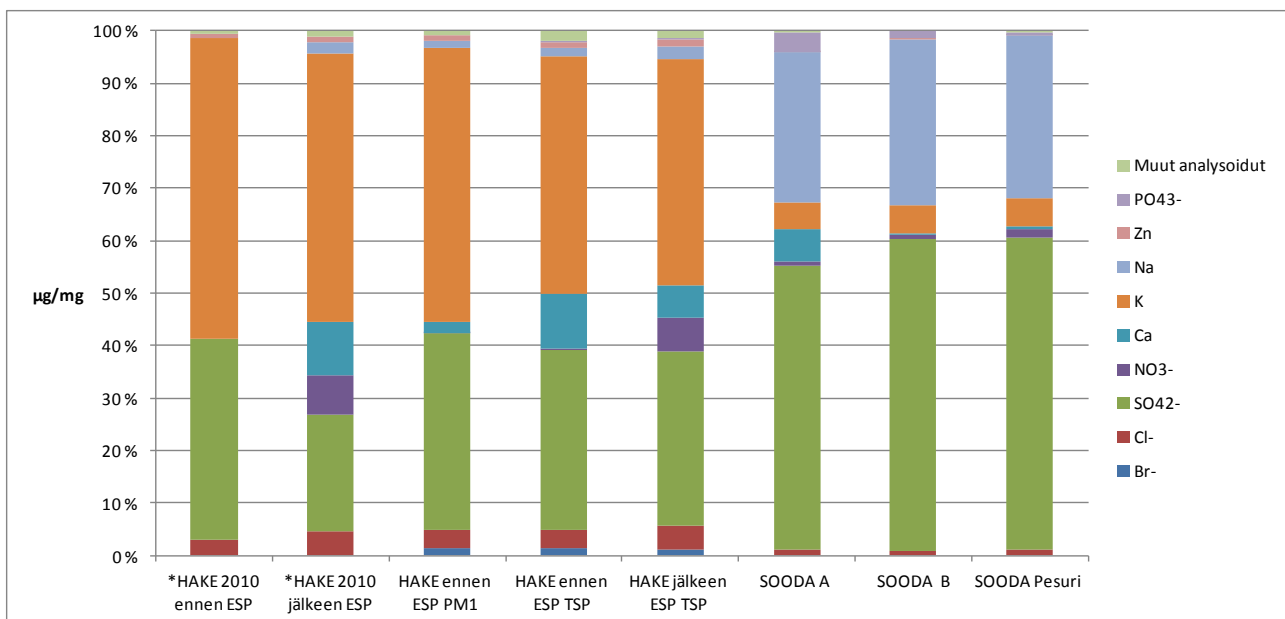
Soodakattila: Alkuaine- ja ionimäärittelyissä saanto oli näytteelle SOODA A **50,6 %**, näytteelle SOODA B **65,5 %** ja näytteelle SOODA Pesuri **82,0 %**. Pääkomponentit olivat sulfaatti (SO_4^{2-}), natrium (Na), kalsium (Ca), kalium (K), fosfaatti (PO_4^{3-}) ja nitraatti (NO_3^-). Kaikki näytteet olivat koostumukseltaan samankaltaisia, lukuun ottamatta SOODA A:n muita korkeampaa kalsiumpitoisuutta (liite 3).

Hakekattila: Alkuaine- ja ionimäärittelyissä saanto oli näytteelle HAKE ennen ESP PM1 **56,6 %**, näytteelle HAKE ennen ESP TSP **56,5 %** ja näytteelle HAKE jälkeen ESP TSP **58,9 %**. Ennen sähkösuodatinta ja sähkösuodattimen jälkeen otettujen näytteiden pääkomponentit olivat K ja SO_4^- . Näytteiden koostumukset olivat melko yhdenmukaiset, mutta alle 1 μm hiukkaset sisältävä näyte sisälsi vähemmän kalsiumia (HAKE ennen ESP PM1 12,4 $\mu\text{g}/\text{mg}$) kuin kaikki hiukkaskoot sisältävät näytteet (HAKE ennen ESP TSP 57,3 $\mu\text{g}/\text{mg}$ ja HAKE jälkeen ESP TSP 36,1 $\mu\text{g}/\text{mg}$). Lisäksi sähkösuodattimen jälkeen otettu näyte sisälsi enemmän nitraatteja (HAKE jälkeen ESP TSP 42,0 $\mu\text{g}/\text{mg}$), kuin ennen sähkösuodatinta otetut näytteet (HAKE ennen ESP PM1 ja HAKE ennen ESP TSP 7,0 $\mu\text{g}/\text{mg}$) (liite 4).

Soodakattilasta kerätyt näytteet sisälsivät natriumia ja fosfaatteja huomattavasti enemmän kuin hakekattilasta otetut näytteet. Hakekattilan näytteet taas sisälsivät kaliumia huomattavasti soodakattilanäytteitä enemmän. Tuloksia verrattiin myös vuonna 2010 hakekattilasta kerättyihin näytteisiin (Kaivosoja ym. 2013). Hakekattilanäytteiden koostumuksen olivat samankaltaiset v. 2010 ja 2013 näytteissä. Kummankin vuoden näytteistä sähkösuodattimen jälkeen kerätty näytteet sisälsivät enemmän nitraatteja kuin ennen sähkösuodatinta kerätty näytteet (kuvat 8 ja 9).



Kuva 10. Näytteiden kemialliset koostumukset pääkomponenteittain.



Kuva 11. Alkuaineiden ja ionien suhteelliset osuudet.

3.3. Toksikologiset analyysit

Solukuolema

Kaikki tutkitut päästöhiukkasnäytteet (Hake ennen ESP, PM1, Hake ennen ESP, TSP ja Hake jälkeen ESP, TSP, SOODA A, SOODA B, SOODA pesuri) aiheuttivat solukuolemaa annosvasteisesti hiiren

makrofageissa. Näytteet Hake ennen ESP, PM1 ja Hake ennen ESP, TSP, SOODA A, SOODA B aiheuttivat vain lievän solukuolemaa, toisin kun näytteet Hake jälkeen ESP, TSP ja SOODA pesuri. Näyte Hake jälkeen ESP, TSP aiheutti annoksessa 150 µg/ml 38 %:n ja annoksessa 300 mg/ml 53 %:n solukuoleman. Näyte SOODA pesuri aiheutti jo annoksessa 15 µg/ml merkitsevää (17%) solukuolemaa, annoksessa 50 µg/ml luku oli 32 %, annoksessa 150µg/ml 46 % ja annoksessa 300 µg/ml solukuolema oli peräti 58 %. PI-testin solukalvon läpäisevyyttä mittaavien vasteiden suunta oli samankaltainen kuin MTT -testissä, kuitenkin paljon lievempi. Makrofagien solukuolema saattaa heikentää immuunipuolustusjärjestelmää ja lisätä mm. mikrobien aiheuttamia infektioita keuhkoissa.

Solusyklianalyysi

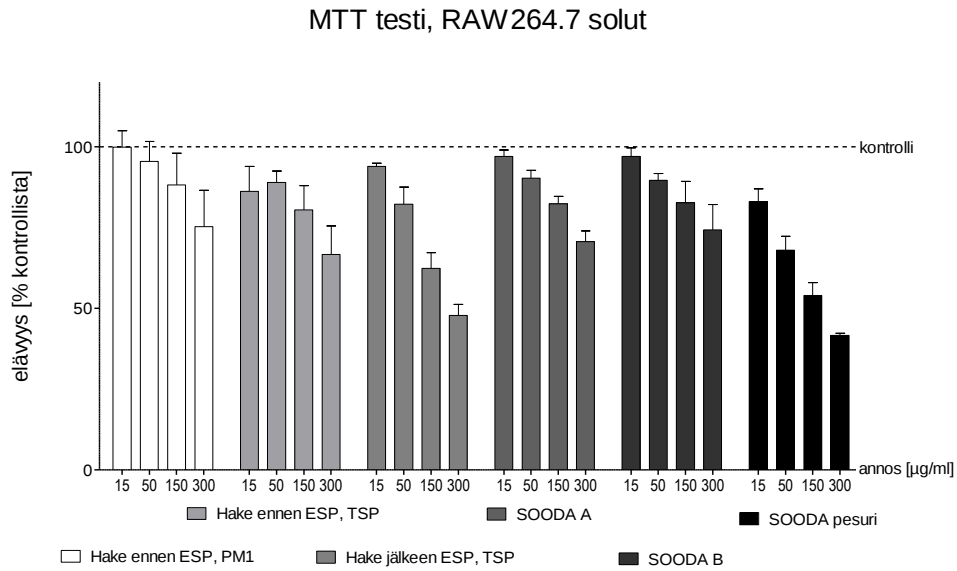
Virtaussytometrillä määritetyssä ohjelmoidussa solukuolemassa (apoptoosi) eikä solusykliissä havaittu biologisesti merkitseviä eroja näytteiden ja kontrollin välillä (liite 7).

Tulehdusvälittäjäainetuotanto

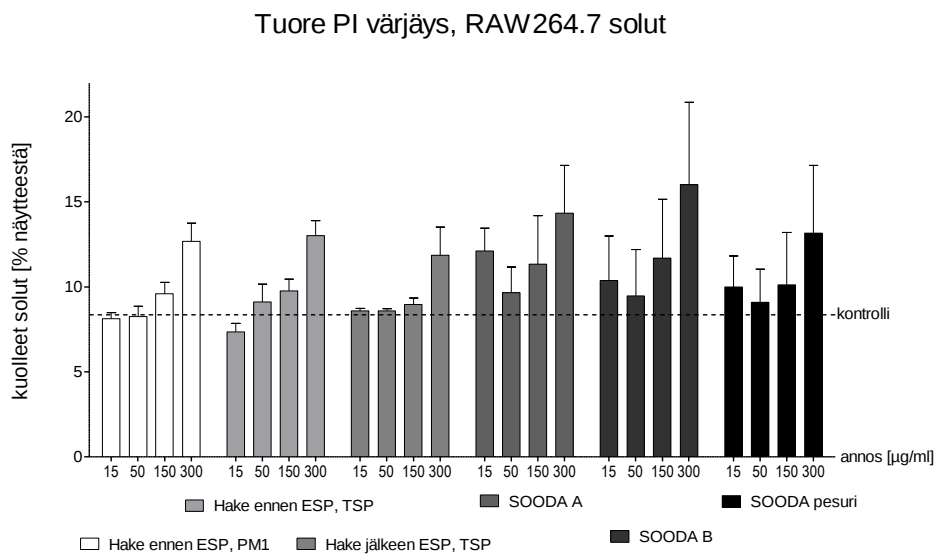
RAW264.7 hiiren makrofagi solut tuottivat vain erittäin pieniä tulehdusvasteita altistettaessa näytteille Hake ennen ESP, PM1, Hake ennen ESP, TSP, SOODA A ja SOODA B. Sitä vastoin RAW264.7 hiiren makrofagit tuottivat annosvasteisesti merkittäviä määriä tulehdusvälittäjäaineita altistuessaan sähkösuodattimen jälkeen kerätyille hiukkasille, eli näytteelle HAKE jälkeen ESP, TSP, sekä näytteelle SOODA pesuri (Kuva 13 A ja B). Näytteelle Hake jälkeen ESP, TSP altistettaessa hiiren makrofagit tuottivat annoksessa 50 µg/ml 136 pg/ml sytokiiniä TNFα sekä 173 pg/ml kemokiiniä MIP-2; annoksessa 150 µg/ml 300 pg/ml TNFα sekä 911 pg/ml MIP-2; ja annoksessa 300 µg/ml 608 pg/ml TNFα sekä 987 pg/ml MIP-2. Näytteelle SOODA pesuri altistettaessa RAW264.7 hiiren makrofagit tuottivat annoksessa 15 µg/ml 153 pg/ml sytokiiniä TNFα sekä 368 pg/ml kemokiiniä MIP-2; annoksessa 50 µg/ml 274 pg/ml TNFα sekä 594 pg/ml MIP-2; annoksessa 150 µg/ml 882 pg/ml TNFα sekä 1334 pg/ml MIP-2; ja annoksessa 300 µg/ml 1264 pg/ml TNFα sekä 2345 pg/ml MIP-2. Altistuksessa käytetty positiivikontrolli lipopolysakkariidi (LPS) aiheutti samanlaisia tulehdusvasteita hiiren makrofagisoluihin kuin näyte SOODA pesuri.

Makrofageista mitatussa typpioksidituotannossa ei havaittu muutoksia kontrollisoluihin verrattuna.

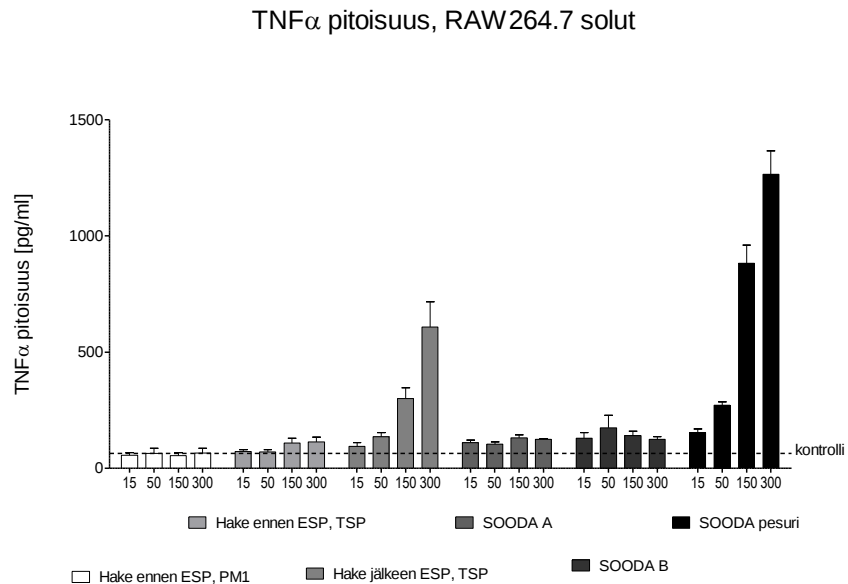
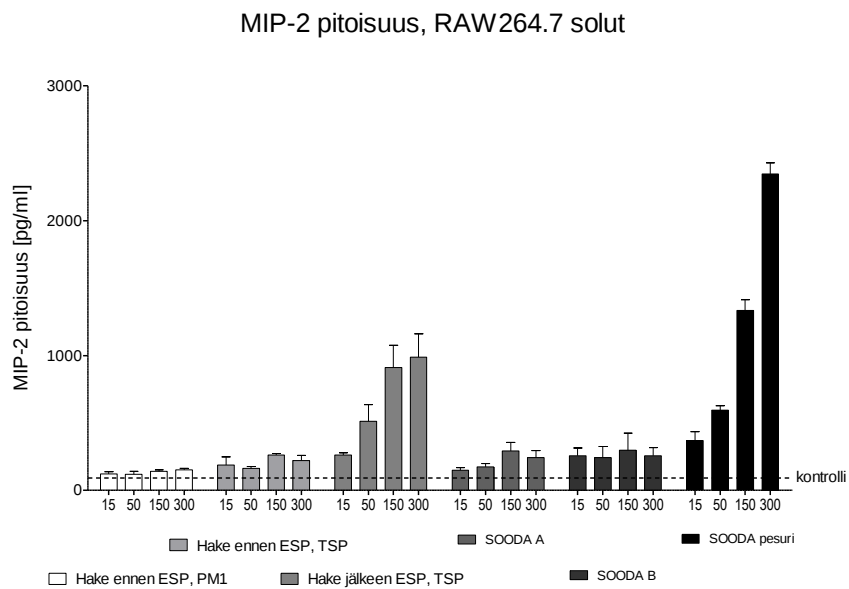
A



B



Kuva 12: Päästöhiukkasten aiheuttama solukuolema A) MTT-testillä ja B) PI-menetelmällä hiiren RAW264.7 makrofageissa hiukkasannoksilla 15-300 $\mu\text{g/ml}$

A**B**

Kuva 13: Hiiren RAW264.7 makrofagien tuottamat A) TNF- α , B) MIP-2 tulehduksen välittäjäaineet päästöhiukkasille (annokset 15-300 $\mu\text{g/ml}$).

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Soodakattilamittaukset

PAH-yhdisteiden pitoisuudet sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä (SOODA A 29,8 ng/mg, SOODA B 22,9 ng/mg) olivat hieman suuremmat kuin esimerkiksi pellettitakan poltossa, mutta huomattavasti pienemmät kuin esimerkiksi puutakan ja raskaan polttoöljyn poltossa (Lamberg 2011, Kaivosoja 2013). Pesurin jälkeen kerättyjen hiukkasten PAH-pitoisuudet (52,9 ng/mg) olivat hieman korkeammat kuin ennen pesuria otetuissa näytteissä.

Näytteiden kemiallinen koostumus oli samankaltainen sähkösuodattimen jälkeen ja pesurin jälkeen kerätyissä näytteissä.

Kumpikaan sähkösuodattimen jälkeen kerätty hiukkasnäyte ei ollut merkittävästi toksinen hiiren makrofageille (RAW264.7) tai ihmisen keuhkojen epiteelisoluille (A549) alle 150 µg/ml annoksilla.

Sen sijaan pesurin jälkeen kerätty hiukkasnäyte laski merkittävästi hiiren makrofagien elävyyttä jo 50 µg/ml annoksella. Lisäksi näissä soluissa nähtiin altistuksen jälkeen merkittävästi kohonnut tulehdusvälittäjäaine tuotanto (TNF α and MIP-2) pesurin jälkeen kerätyille hiukkasille. SOODA A näyte aiheutti kuitenkin kohonneen typpioksidituotannon soluissa. Ennen pesuria ja pesurin jälkeen kerättyjen hiukkasten kemiallinen koostumus poikkesi vain lievästi toisistaan ja erot eivät selitä vasteiden merkittäviä eroja. On mahdollista että makrofagisolujen elävyyden lasku ja kohonnut tulehdusvälittäjäaineen tuotanto aiheutuvat maaperä- tai bakteeriperäisten komponenttien joutumisesta hiukkasmassaan esimerkiksi pesurissa käytetyn jokiveden mukana tai pesurin vesikierrossa syntyvästä bakteerikontaminaatiosta. Päätelmiä tukee pesurin jälkeen kerätyn näytteen käynnistämä vasteprofiili, joka muistuttaa bakteerien aiheuttamia vasteita näissä soluissa. Lisäksi pesurin jälkeen kerätystä hiukkasnäytteestä löytyi teetetystä endotoksiinianalyysissä huomattava pitoisuus (5,8 EU/mg = endotoxin units) bakteeriperäistä komponenttia, sitä vastoin pitoisuus oli vain < 0.002 (EU/ mg) sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä.

Näin ollen vaikka pesuri vähensi hiukkaspäästön määrää, oli se massayksikköä kohti toksisempaa kuin pääosin alkalisuoloista koostuva hiukkaspäästö sähkösuodattimen jälkeen. On tärkeää että jatkotutkimuksilla selvitetään pesurin jälkeisten hiukkaspäästöjen toksisuuden lähde.

Hakekattilamittaukset

Kumpikaan näytteistä Hake ennen ESP, PM1 ja Hake ennen ESP, TSP ei ollut merkittävästi toksinen hiiren makrofageille (RAW264.7) alle 150 µg/ml annoksilla. Sen sijaan näyte Hake jälkeen ESP, TSP laski merkittävästi hiiren makrofagien elävyyttä annoksilla 150 µg/ml ja 300 µg/ml. Lisäksi näissä soluissa nähtiin altistuksen jälkeen merkittävästi kohonnut tulehdusvälittäjäaine tuotanto (TNF α and MIP-2) sähkösuodattimen jälkeen kerätyille hiukkasille. Koska ennen sähkösuodatinta ja sähkösuodattimen jälkeen kerättyjen hiukkasten kemiallinen koostumus poikkeavat vain lievästi toisistaan, syyt vasteiden eroihin ovat

vielä toistaiseksi tuntemattomat. PAH-pitoisuudet olivat suuremmat sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä ja yksi eroja selittävä vaihtoehto on, että sähkösuodattimeen rikastuu esimerkiksi oksi- tai nitro-PAH-yhdisteitä. Nitro-PAH:n olemassaoloon viittaa myös korkeampi nitraattipitoisuus sähkösuodattimen jälkeen otetuissa näytteissä. Endotoksiinit mitattiin myös hakenäytteistä ja endotoksiinia ei löytynyt kummastakaan näytteestä.

KIRJALLISUUS

Jalava, P.I., Tapanainen, M., Kuuspallo, K., Markkanen, A., Hakulinen, P., Happonen, M.S., Pennanen, A.S., Ihalainen, M., Yli-Pirilä, P., Makkonen, U., Teinilä, K., Mäki-Paakkanen, J., Salonen, R.O., Jokiniemi, J., Hirvonen, M.-R. 2010: Toxicological effects of emission particles from fossil- and biodiesel-fueled diesel engine with and without DOC/POC catalytic converter. *Inhalation Toxicology*, 22 Suppl 2:48-58

Jalava, P.I., Aakko-Saksa, P., Murtonen, T., Happonen, M.S., Markkanen, A., Yli-Pirilä, P., Hakulinen, P., Hillamo, R., Mäki-Paakkanen, J., Salonen, R.O., Jokiniemi, J., Hirvonen, M.-R. 2012: Toxicological properties of emission particles from heavy duty engines powered by conventional and bio-based diesel fuels and compressed natural gas. *Particle and Fibre Toxicology*, 9: 37

Kaivosoja, T., Jalava, P.I., Lamberg, H., Virén, A., Tapanainen, M., Torvela, T., Tapper, U., Sippula, O., Tissari, J., Hillamo, R., Hirvonen, M.-R., Jokiniemi, J., 2013. Comparison of emissions and toxicological properties of fine particles from wood and oil boilers in small (20-25 kW) and medium (5-10 MW) scale. *Atmospheric Environment*, 77, 193-201.

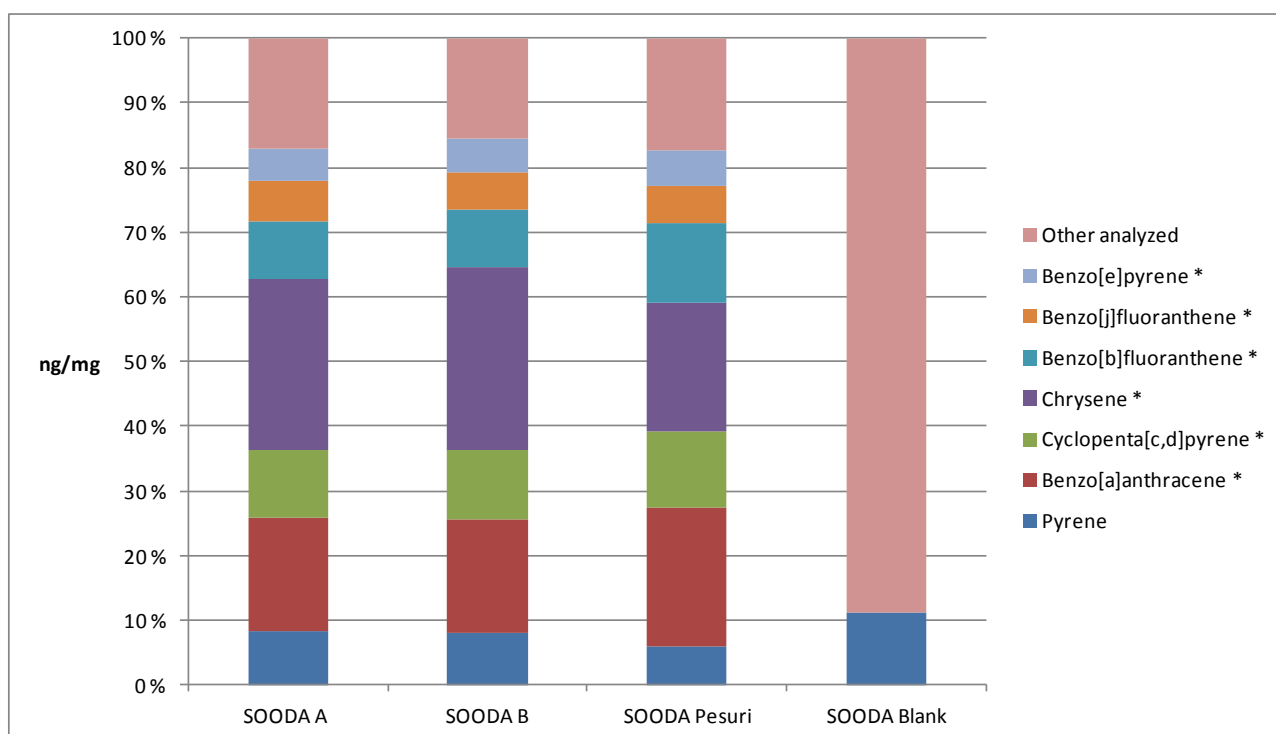
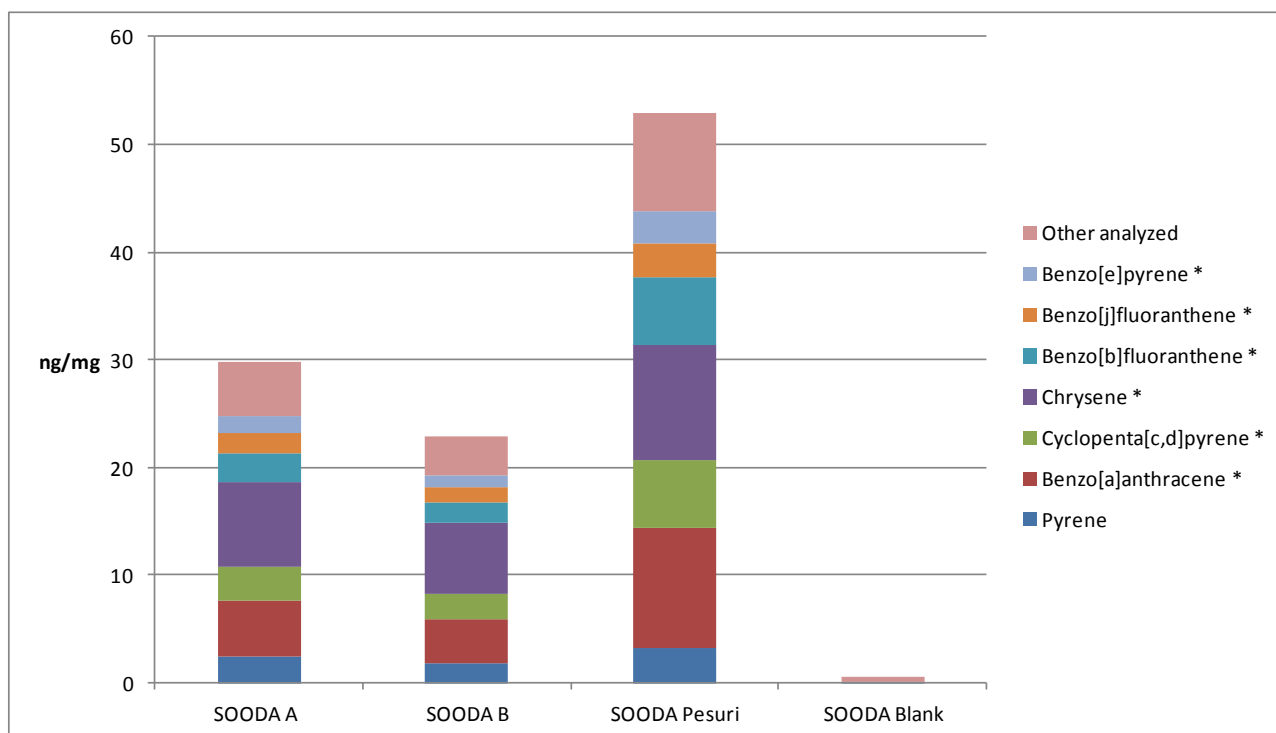
Lamberg, H., Nuutinen, K., Tissari, J., Ruusunen, J., Yli-Pirilä, P., Sippula, O., Tapanainen, M., Jalava, P.I., Makkonen, U., Teinilä, K., Saarnio, K., Hillamo, R., Hirvonen, M.-R., Jokiniemi, J. 2011: Physicochemical characterization of fine particles from small scale wood combustion for toxicological studies. *Atmospheric Environment* 2011, 45, 7635–7643

Lyyränen, J., Jokiniemi, J., Kauppinen, E.I., Backman, U. ja Vesala, H., 2004. Comparison of Different Dilution Methods for Measuring Diesel Particle Emissions. *Aerosol Science and Technology*, 38:12-23.

Ruusunen, J., Tapanainen, M., Sippula, O., Jalava, P.I., Lamberg, H., Nuutinen, K., Tissari, J., Ihalainen, M., Kuuspallo, K., Mäki-Paakkanen, J., Hakulinen, P., Pennanen, A., Teinilä, K., Makkonen, U., Salonen, R.O., Hillamo, R., Hirvonen, M.-R. ja Jokiniemi, J., 2011. A novel particle sampling system for physico-chemical and toxicological characterization of emissions. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 401:3183-3195.

Liite 1. Soodakattilan PAH-pitoisuudet

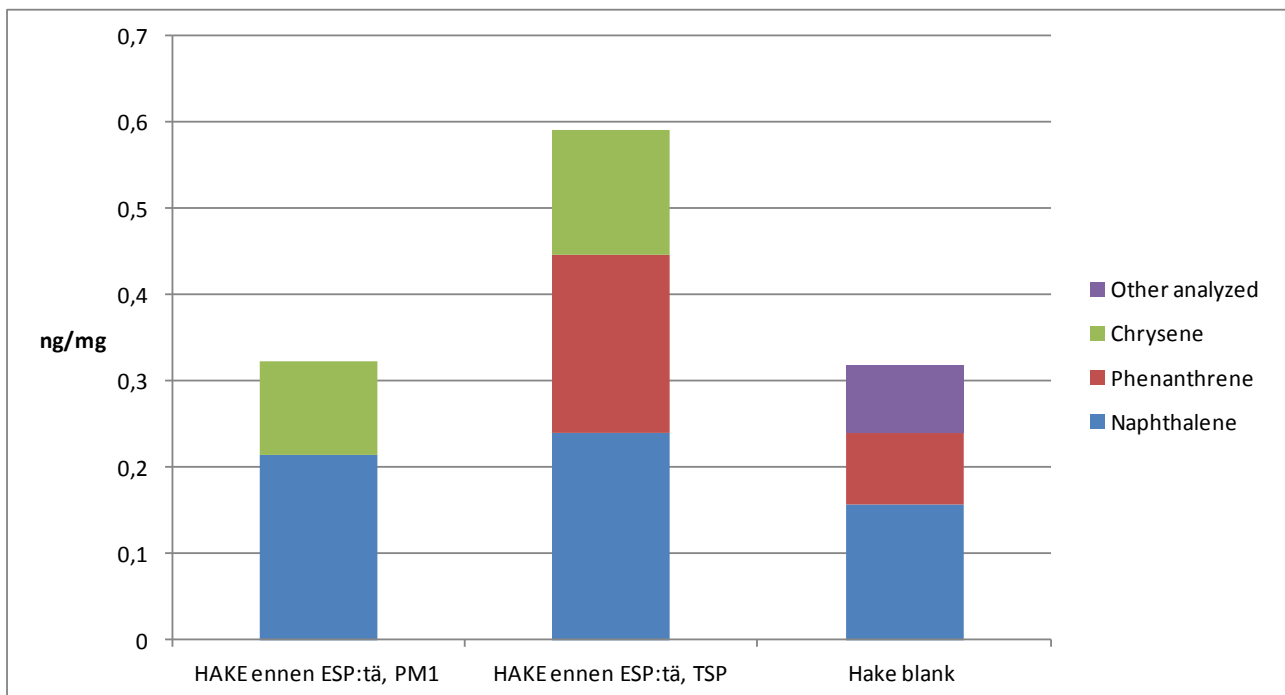
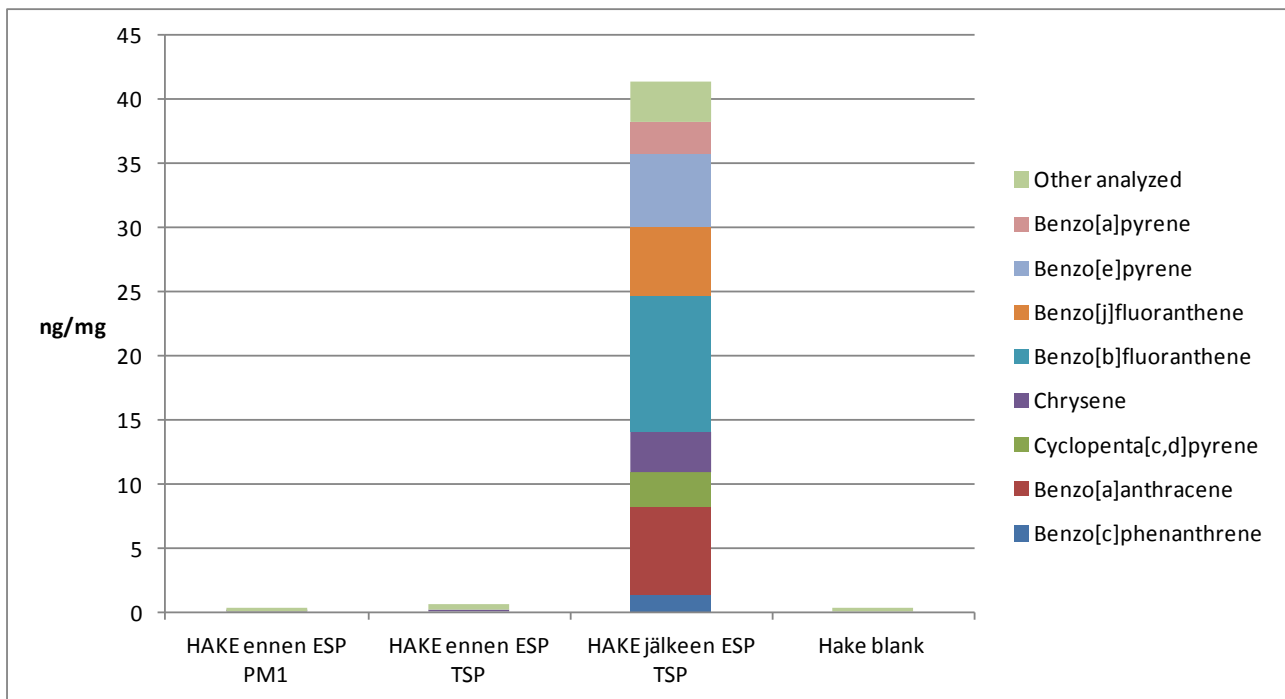
	SOODA A	SOODA B	SOODA Pesuri	SOODA Blank
Compound	ng/mg	ng/mg	ng/mg	ng/mg
Naphthalene	0,2	0,1	n.d.	0,1
Acenaphthylene	<DL	<DL	n.d.	<DL
Acenaphthene	<DL	<DL	n.d.	<DL
Fluorene	<DL	<DL	n.d.	<DL
Phenanthrene	0,1	0,1	1,1	0,3
Anthracene	<DL	<DL	n.d.	<DL
1-Methylphenanthrene *	<DL	<DL	0,9	<DL
Fluoranthene *	1,6	1,1	1,9	0,1
Pyrene	2,5	1,9	3,2	0,1
Benzo[c]phenanthrene *	1,7	1,4	2,1	<DL
Benzo[a]anthracene *	5,2	4,0	11,2	<DL
Cyclopenta[c,d]pyrene *	3,2	2,5	6,3	<DL
Triphenylene *	1,0	0,6	1,1	0,0
Chrysene *	7,8	6,5	10,6	<DL
5-Methylchrysenen *	<DL	0,0	n.d.	<DL
Benzo[b]fluoranthene *	2,7	2,0	6,4	<DL
Benzo[k]fluoranthene *	<DL	<DL	1,6	<DL
Benzo[j]fluoranthene *	1,9	1,4	3,1	<DL
Benzo[e]pyrene *	1,5	1,2	3,0	<DL
Benzo[a]pyrene *	0,4	0,2	n.d.	<DL
Perylene *	<DL	<DL	0,4	<DL
Indeno[1,2,3-cd]pyrene *	<DL	<DL	n.d.	<DL
Dibenzo[a,h]anthracene *	<DL	<DL	n.d.	<DL
Benzo[g,h,i]perylene *	0,2	<DL	n.d.	<DL
Anthanthrene *	<DL	<DL	n.d.	<DL
Dibenzo[a,l]pyrene *	<DL	<DL	n.d.	<DL
Dibenzo[a,e]pyrene *	<DL	<DL	n.d.	<DL
Coronene *	<DL	<DL	n.d.	<DL
Dibenzo[a,i]pyrene *	<DL	<DL	n.d.	<DL
Dibenzo[a,h]pyrene *	<DL	<DL	n.d.	<DL
Total	29,8	22,9	52,9	0,6
Tox	27,0	20,8	48,6	0,1



Liite 2. Hakekattilan PAH-pitoisuudet

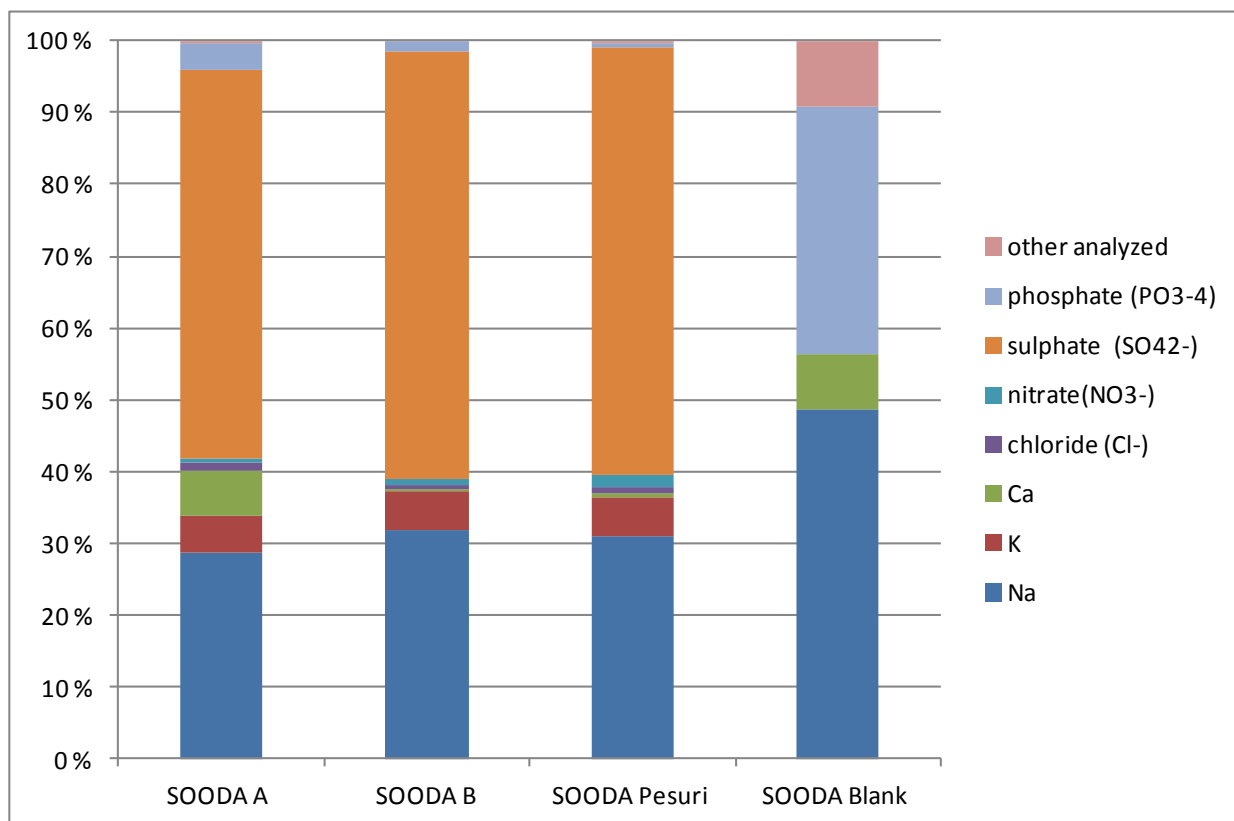
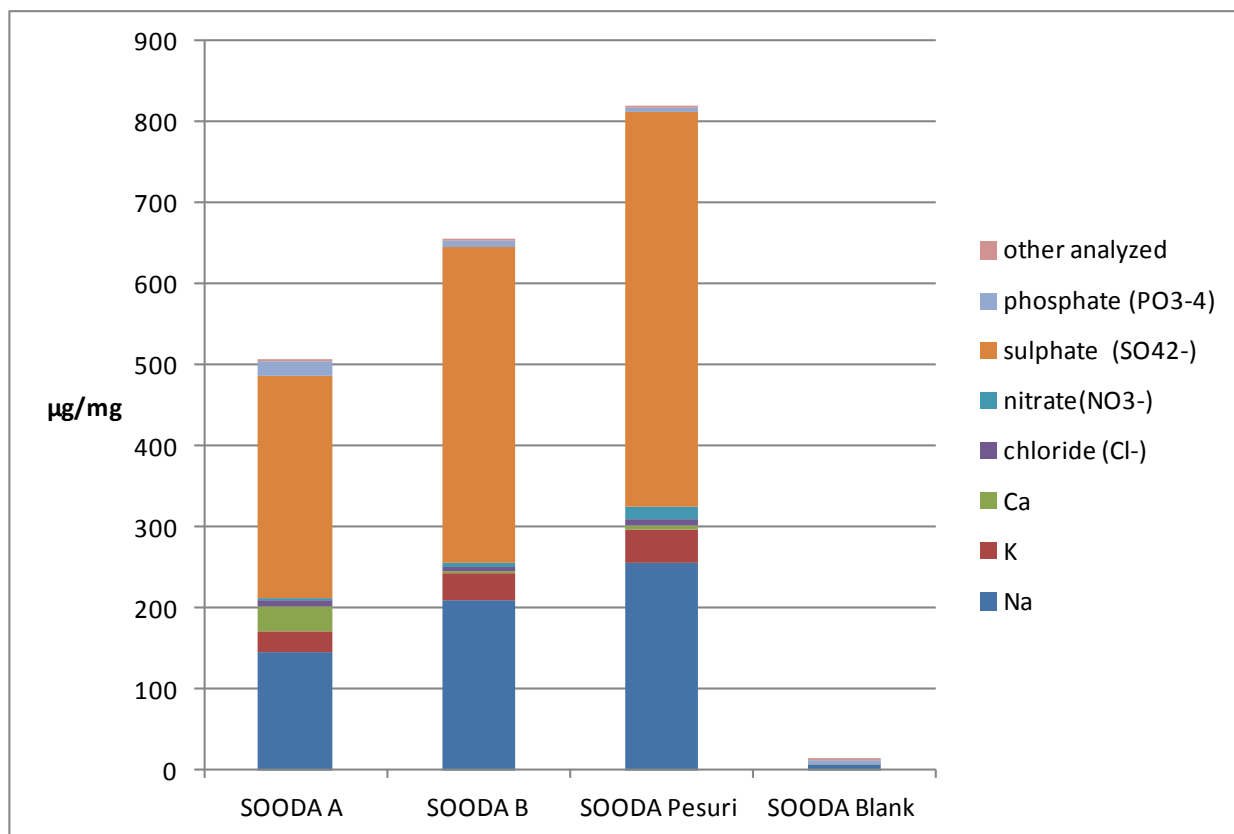
* Genotoxic

	HAKE ennen ESP PM1	HAKE ennen ESP TSP	HAKE jälkeen ESP TSP	HAKE blank
	ng/mg	ng/mg	ng/mg	ng/mg
Naphthalene	0,2	0,2	0,3	0,2
Acenaphthylene	<DL	<DL	<DL	<DL
Acenaphthene	<DL	<DL	<DL	<DL
Fluorene	<DL	<DL	<DL	<DL
Phenanthrene	<DL	0,2	0,2	0,1
Anthracene	<DL	<DL	<DL	<DL
1-Methylphenanthrene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Fluoranthene *	<DL	<DL	0,4	<DL
Pyrene	<DL	<DL	0,7	<DL
Benzo[c]phenanthrene *	<DL	<DL	1,3	<DL
Benzo[a]anthracene *	<DL	<DL	6,9	<DL
Cyclopenta[c,d]pyrene *	<DL	<DL	2,8	<DL
Triphenylene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Chrysene *	0,1	0,1	3,1	<DL
5-Methylchrysenen *	<DL	<DL	0,5	<DL
Benzo[b]fluoranthene *	<DL	<DL	10,5	<DL
Benzo[k]fluoranthene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Benzo[j]fluoranthene *	<DL	<DL	5,5	<DL
Benzo[e]pyrene *	<DL	<DL	5,7	<DL
Benzo[a]pyrene *	<DL	<DL	2,5	<DL
Perylene *	<DL	<DL	0,3	0,1
Indeno[1,2,3-cd]pyrene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Dibenzo[a,h]anthracene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Benzo[g,h,i]perylene *	<DL	<DL	0,7	<DL
Anthanthrene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Dibenzo[a,l]pyrene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Dibenzo[a,e]pyrene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Coronene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Dibenzo[a,i]pyrene *	<DL	<DL	<DL	<DL
Dibenzo[a,h]pyrene *	<DL	<DL	<DL	<DL
S	0,3	0,6	41,4	0,3
tox	0,1	0,1	40,2	0,1



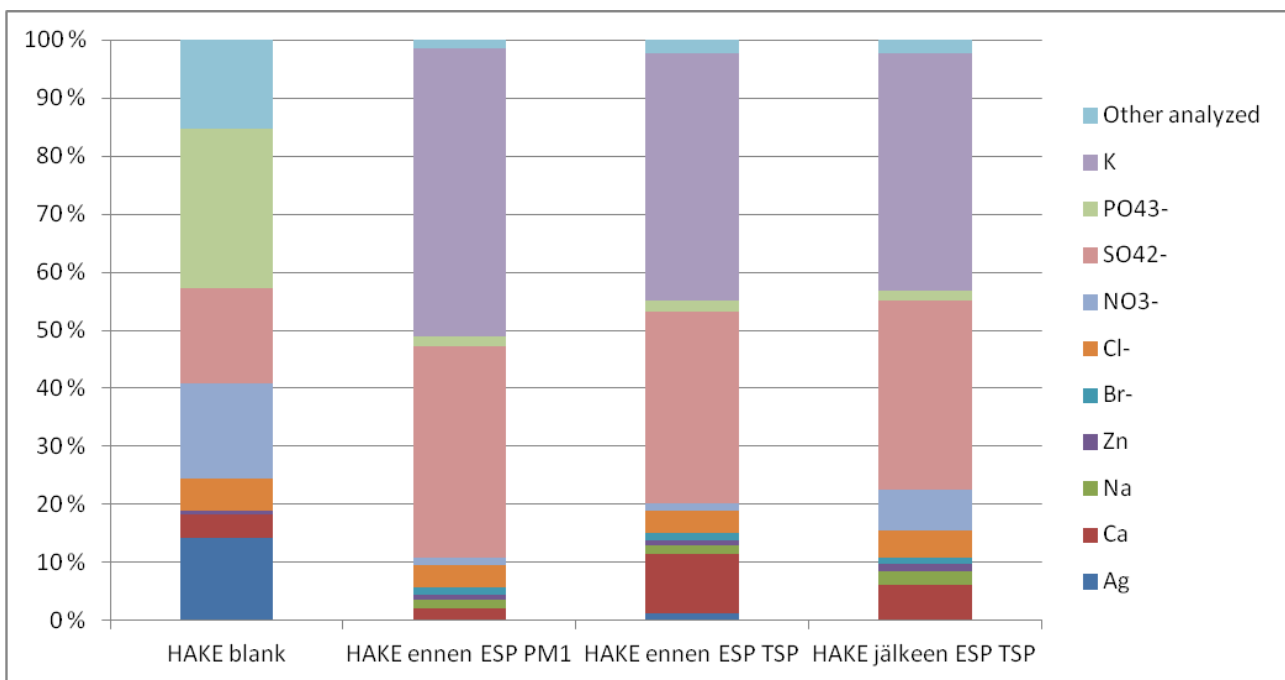
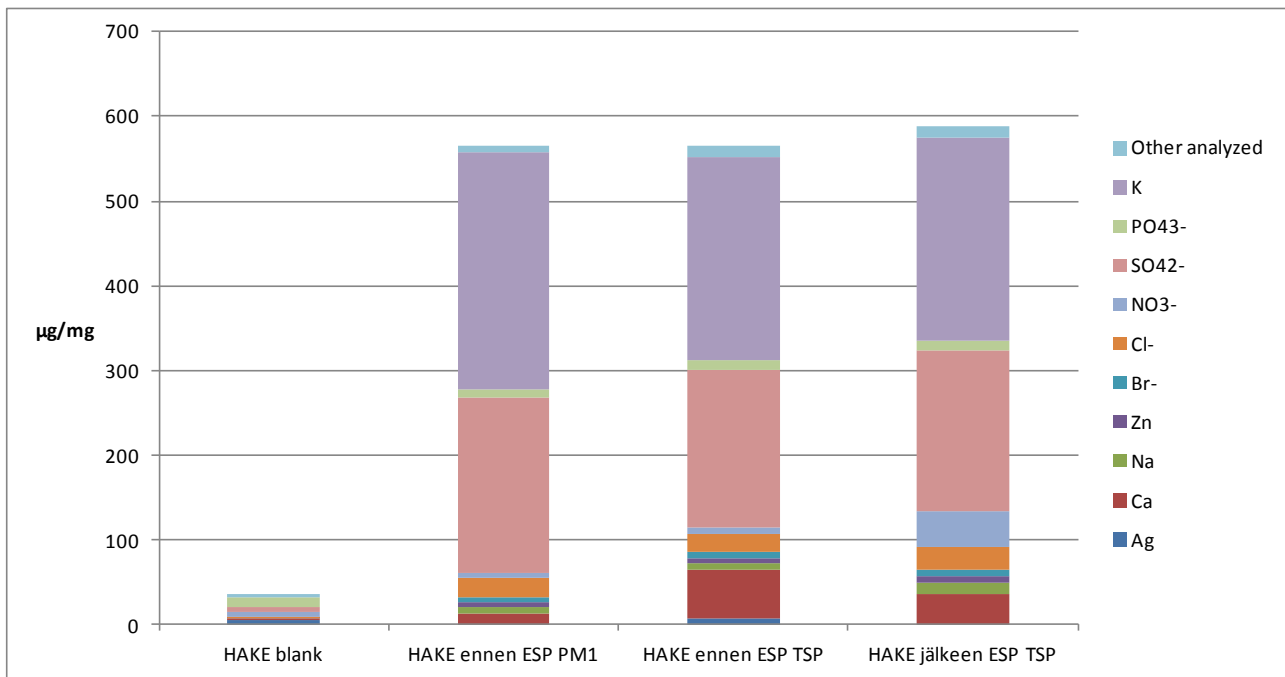
Liite 3. Soodakattilan alkuaine- ja ionipitoisuudet

		SOODA A	SOODA B	SOODA Pesuri	SOODA Blank
Be	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
B	µg/mg	0,3	0,2	0,2	0,1
Na	µg/mg	145,0	208,2	254,4	5,7
Mg	µg/mg	<DL	<DL	0,6	<DL
Al	µg/mg	0,3	0,1	<DL	<DL
K	µg/mg	25,6	35,1	43,3	<DL
Ca	µg/mg	31,8	2,1	4,0	0,9
Ti	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
V	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Cr	µg/mg	<DL	<DL	0,1	<DL
Mn	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Fe	µg/mg	0,6	0,5	0,8	0,9
Co	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Ni	µg/mg	0,1	<DL	<DL	<DL
Cu	µg/mg	<DL	<DL	0,6	0,1
Zn	µg/mg	0,2	0,1	0,4	<DL
As	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Se	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Rb	µg/mg	0,1	0,2	0,2	<DL
Sr	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Mo	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Ag	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Cd	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Sb	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Ba	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Tl	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Pb	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Bi	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Th	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
U	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
bromide (Br)	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
chloride (Cl ⁻)	µg/mg	6,0	5,0	9,0	<DL
nitrate(NO ₃ ⁻)	µg/mg	3,0	4,0	14,0	<DL
sulphate (SO ₄ ²⁻)	µg/mg	274,0	391,0	487,0	<DL
fluoride (F ⁻)	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
phosphate (PO ₃ ⁴⁻)	µg/mg	19,0	9,0	5,0	4,0
Total	µg/mg	506,2	655,4	819,6	11,6
Recovery	%	50,6	65,5	82,0	1,2



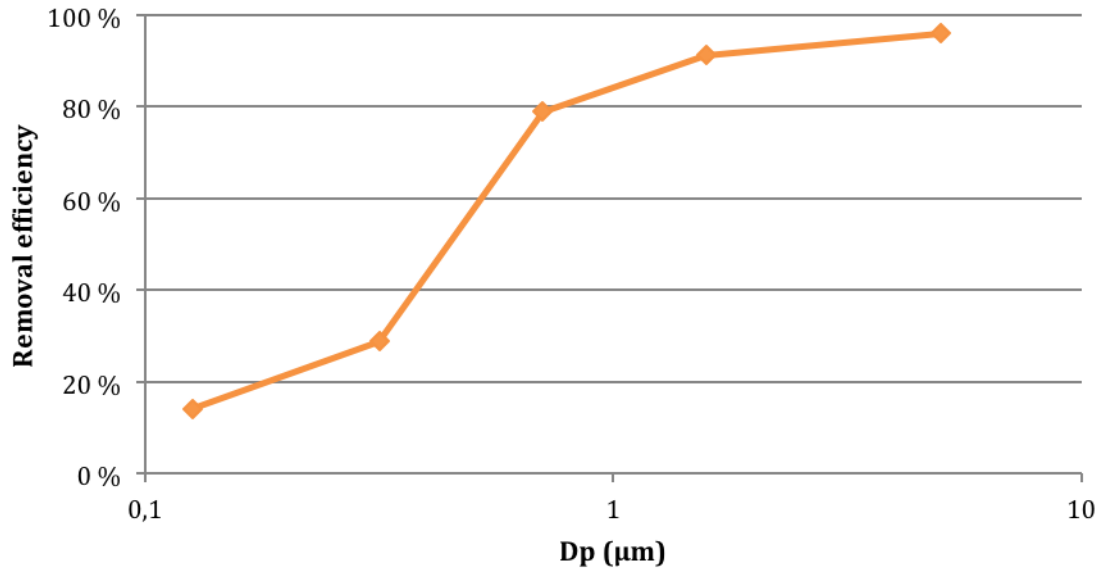
Liite 4. Hakekattilan alkuaine- ja ionipitoisuudet

		HAKE blank	HAKE ennen ESP PM1	HAKE ennen ESP TSP	HAKE jälkeen ESP TSP
Ag	µg/mg	5,2	<DL	7,6	<DL
Al	µg/mg	2,9	2,0	2,6	2,8
As	µg/mg	0,1	0,0	0,0	0,0
B	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Ba	µg/mg	0,1	0,1	0,2	0,5
Be	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Bi	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Ca	µg/mg	1,5	12,4	57,3	36,1
Cd	µg/mg	<DL	0,0	0,0	0,0
Co	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Cr	µg/mg	0,0	0,0	0,0	0,1
Cu	µg/mg	0,0	0,3	0,2	0,3
Fe	µg/mg	1,8	1,3	1,4	1,8
K	µg/mg	<DL	280,0	240,0	240,0
Li	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Mg	µg/mg	<DL	1,6	4,2	3,8
Mn	µg/mg	<DL	0,8	1,8	2,2
Mo	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Na	µg/mg	<DL	7,6	7,9	13,8
Ni	µg/mg	0,1	<DL	0,6	<DL
Pb	µg/mg	0,0	0,2	0,2	0,1
Rb	µg/mg	<DL	1,5	1,3	1,3
Sb	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Se	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Sr	µg/mg	<DL	0,0	0,1	0,1
Th	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
Ti	µg/mg	0,3	0,2	0,2	0,3
Tl	µg/mg	<DL	0,0	0,0	0,0
U	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
V	µg/mg	0,2	0,3	0,3	0,3
Zn	µg/mg	0,2	5,5	5,7	7,2
bromide (Br-)	µg/mg	<DL	7,0	7,0	7,0
chloride (Cl-)	µg/mg	2,0	22,0	21,0	27,0
nitrate (NO3-)	µg/mg	6,0	7,0	7,0	42,0
sulphate (SO42-)	µg/mg	6,0	206,0	187,0	191,0
fluoride (F-)	µg/mg	<DL	<DL	<DL	<DL
phosphate (PO43-)	µg/mg	10,0	10,0	11,0	11,0
Total	µg/mg	36,5	566,0	564,6	588,7
Recovery	%	3,7	56,6	56,5	58,9

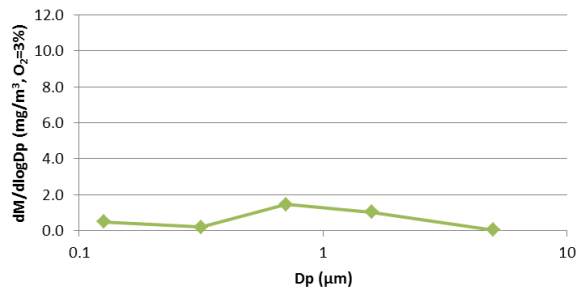


Liite 5. Soodakattilan pesurin erotustehokkuus ja pitoisuudet pesurin jälkeen kerätyistä näytteistä.

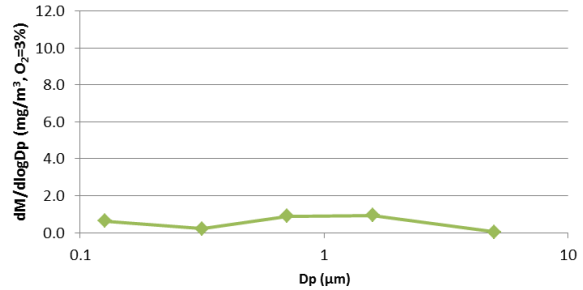
Scrubber removal efficiency



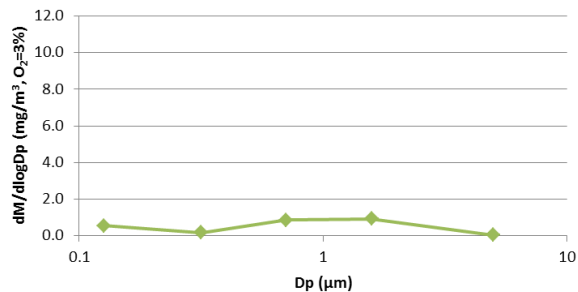
28.11.2012 - POPE026 - 14:11-21:01



28.-29.11.2012 - POPE027 - 21:15-9:15



29.-30.11.2012 - POPE031 - 21:25-15:00



Liite 6. Tietoja savukaasupesurista (ote Toni Oravan ja Ilpo Nuutisen välisestä sähköpostikeskustelusta 3.7.2013)

1) Mikä malli oli käytössä laitoksessa? *Savukaasu on suoraan kosketuksessa lämmitettävään veteen. Pesurissa on täytekappalekerros ja pisananeroittimet. Toisin sanoen savukaasu virtaa alaosasta täytekerroksen läpi ylöspäin kohti savupiippua.*

Onko siis tuolla teidän savukaasupesurilla joku malli/tyyppinimi tms. kenen valmistama esim?
Yksivaiheinen savukaasupesuri. Valmistaja on Metso Power.

Löytyykö jotain toiminta-arvoja? *Kuumavesi pesurista ulos n. 60-65 C. Savukaasu ennen pesuria n. 175-183 C. Savukaasujen l-tila 40-60 C riippuen tuotantotasosta pesurin jälkeen. Maksimiteho on noin 100 MW.*

2) Onko jokivesi käsitelty ennen kun sitä laitetaan pesuriin? Ja jos on käsitelty, millä tavalla? *Jokivesi suodatetaan mekaanisesti rumpusuotimilla tiheään teräsverkon läpi. Desinfiointi tarkoituksessa raakaveden joukkoon annostellaan klooridioksidia ennen pumppausta tehtaalle.*

Tuleeko vesi suoraan Kymijoesta? *Vesi otetaan Kymijoesta edellä mainittujen toimenpiteiden kera.*

3) Mahdollistavat olosuhteet pesurin sisällä bakteerien kasvua? *Klooridioksidin annostelulla raakaveteen yritetään torjua bakteerikantojen muodostumista. Katso kohta 2.*

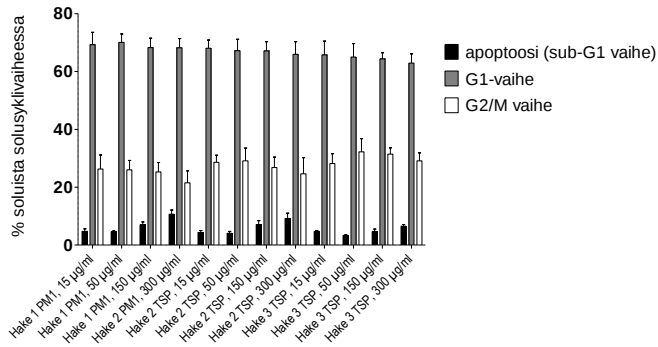
Eikös pesuriin tule se 170C-lämpöinen savukaasu, joka jäähtyy 100C -> 60C ja kerätty vesi oli noin 60C-lämpötilaltaan? *Vastaus on kohdassa 1.*

4) Onko pesuri nesteeseen lisätty biosidi? Jo on lisätty, mikä biosidi? *Ei lisätä biosidejä.*

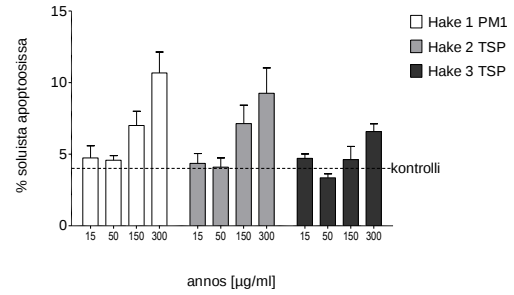
Eli onko jotain kemikaaleja lisätty veteen? *Klooridioksidi on ainoa kemikaali, jota pesurissa olevassa vedessä on lisättyinä.*

Liite 7. Solusyklianalyysi ja RAW267.4 solut

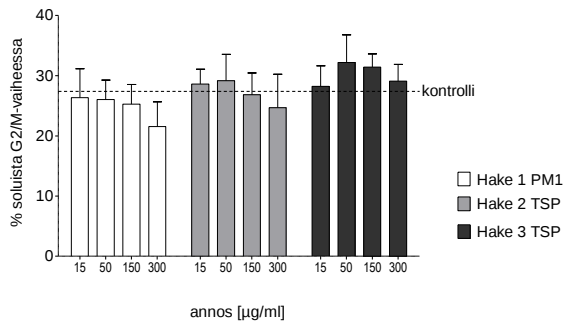
Solusykli analyysi, RAW264.7 solut



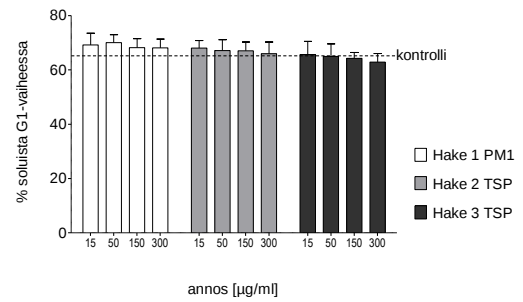
Solusykli analyysi, RAW264.7 solut, apoptoosi



Solusykli analyysi, RAW264.7 solut, G2/M vaihe



Solusykli analyysi, RAW264.7 solut, G1 vaihe



LIITE III

**Soodakattilan ja meesauunin päästöhiukkasten
fysikaalis-kemialliset ja toksikologiset ominaisuudet
– SOTOX – tarjous ja tutkimussuunnitelma 09/2014**

TUTKIMUSSUUNNITELMA

Soodakattilan ja meesauunin päästöhiukkasten fysi- kaalis-kemialliset ja toksikologiset ominaisuudet SOTOX

Osallistujat:

Itä-Suomen Yliopisto

Maija-Riitta Hirvonen, Ph.D., professori

- Pasi Jalava, Ph.D, Mikko Happonen, Ph.D, Oskari Uski, Ph.D. student

Jorma Jokiniemi, Ph.D., professori

- Olli Sippula Ph.D, Jarkko Tissari, Ph.D., Ph.Heikki Lamberg Ph.D student, Miika Kortelainen Ph.D student, Ilpo Nuutinen research scientist / engineer

LUOTTAMUKSELLINEN

1 LÄHTÖKOHTA

1. Tausta ja tarve

Sellun valmistuksen päästöjen mahdollisten haitallisten ominaisuuksien ymmärtämiseksi on tärkeää selvittää sekä soodakattilan että meesauunin päästöjen fysikokemialliset ja toksikologiset ominaisuudet. Sellunkeitossa kemikaalien talteenotolla on suuri merkitys prosessin kannalta. Soodakattila on sellun tuotantoprosessin osa, jonka tehtävinä ovat kemikaalien talteenotto ja regenerointi (uudelleen muodostaminen), mustalipeän polttaminen sekä poltossa syntyvän lämmön talteenotto. Soodakattilassa erotetaan mustalipeästä rikki ja saadaan natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia. Samalla poltetaan mustalipeän sisältämä biomassa, josta saadaan höyryä, joka käytetään sähköntuottoon. Meesauunissa tehdään prosessissa karbonatisoituneesta kalkista tehdään uudelleen poltettua kalkkia. Meesauunin polttoaineena on polttoöljy tai maakaasu, jolla meesa poltetaan. Toisin sanoen soodakattila käyttää polttoaineenaan biomassaa ja meesauuni öljyä. Molemmat prosessit liittyvät olennaisesti kemikaalien ja kalkin kierrätykseen sulfaattiselvitysmenetelmässä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että öljyn polton ja biomassan polton hiukkasten kemiallinen koostumus ja toksisuus ovat toisistaan hyvin poikkeavia (Kaivosoja et al. 2013). Öljyn polton hiukkaset ovat olleet huomattavasti toksisempia kuin vastaavan mittakaavan biomassan polttolaitoksen päästöhiukkaset. Alustavissa tutkimuksissa soodakattilan päästöistä kerätyissä näytteissä toksisuus on ollut suhteellisen matalalla tasolla, joka johtuu päästöjen kemiallisesta koostumuksesta. Soodakattilaan liitetyt puhdistusjärjestelmät voivat kuitenkin vaikuttaa toksisuusprofiiliin huomattavasti.

Meesauunin päästöjen osalta ei ole aikaisempaa tutkimustietoa, joka yhdistäisi kemialliset analyysit ja toksikologian. Kuitenkin öljyn polton hiukkasten on havaittu aiheuttavan voimakkaitakin toksisuusvasteita kaupunki-ilmassa (Jalava et al. 2009). Meesauunipolttoprosessissa tulee myös jonkin verran kalkkihäviöitä ja on mahdollista, että kalsiumia päätyy myös päästöön. Kalsiumhiukkaset ovat kaupunki-ilmatutkimuksissa olleet yhteydessä lisääntyneisiin tulehdusvaikutuksiin (Happo et al. 2008). Näin ollen meesauunin päästöjen selvittäminen ja niiden toksisuuden määrittäminen on tärkeää arvioitaessa paperitehtaan päästöjen kokonaisvaikutusta.

2 Projektin tavoitteet

Tässä projektissa tutkitaan sellutehtaan päästöjen terveydelle haitallisia toksikologisia ominaisuuksia ja niihin liittyviä fysikaalisia tekijöitä ja kemiallisia komponentteja sekä soodakattilan että meesauunin osalta. Hankkeessa testataan seuraavia hypoteesejä

Tutkimushypoteesit:

1. Soodakattilan ja meesauunin päästöt poikkeavat toisistaan sekä kemiallisesti että toksikologisilta ominaisuuksiltaan. Lisäksi kokonaispäästöt kaasujen ja hiukkasten osalta

sekä hiukkaskoko ovat hyvin erilaiset.

2. Meesauunin päästöt muistuttavat raskaan polttoöljyn tai maakaasun päästöjä
3. Suodatintekniikalla voidaan estää em. haittoja molemmissa prosesseissa

Strategiset tavoitteet:

- Vastata tulevaisuuden lainsäädännön vaatimiin tutkimus- ja tuotekehitystarpeisiin
- Edistää yritystoiminnan kansainvälistä kilpailukykyä ja kansainvälistymistä toteuttamalla haasteellisia tutkimus- ja kehityshankkeita.

3 TOIMENPITEET

3.1 NÄYTTEEN KERÄYKSET (PROF. JORMA JOKINIEMI)

Kokeissa mitataan/kerätään soodakattilan ja meesauunin kaasumaiset päästöt, hiukkaspäästöt (TSP, PM_{2.5}) ja näiden hiukkasten fysikaalis-kemialliset ominaisuudet. Lisäksi kerätään näytteet toksikologisia kokeita varten.

Päästöistä mitataan hiukkasten massakokojakaumat impaktorilla, lukumääräkokojakaumat ELPI:llä (sähköinen alipaineimpaktori, Dekati Ltd) ja/tai SMPS/FMPS:llä (Mobility Particle Sizer, TSI Ltd.) sekä hiukkasten orgaanisen ja alkuainehiilen määrät (OC/EC). Lisäksi kerätään toksisuusnäytteet UEF:n FINE laboratoriossa kehitetyllä sykloni-impaktori-menetelmällä sekä analysoidaan näistä näytteistä PAH-pitoisuudet ja epäorgaanisen aineksen koostumus. Kaasumaiset päästöt analysoidaan FTIR laitteistolla.

Pienhiukkasnäytteet kerätään teflonsuodattimille. Ennen keräyksiä suodattimet pestään metanolilla, kuivataan ja punnitaan.

Keräysten jälkeen suodattimet punnitaan ja suodattimelle kerätyt pienhiukkaset uutetaan metanolilla ja kuivataan kemiallisia ja toksikologisia analyysejä varten. Metanoliiuuton jälkeen suodattimet punnitaan vielä kerran ja lasketaan uuttotehokkuus.

3.2 PÄÄSTÖJEN KEMIALLINEN KARAKTERISOINTI (PROF. JORMA JOKINIEMI)

Kerättyjen näytteiden epäorgaanisen aineksen koostumus analysoidaan IC:llä (ionikromatografia) (K, Na, Cl, SO₄), karbonaatit määritetään termisoptisella menetelmällä. Metallit analysoidaan ICP-MS:llä (inductive coupled mass spectrometer) ja PAH yhdisteet GC-MS menetelmällä.

3.3 TOKSIKOLOGINEN KARAKTERISOINTI (PROF. MAIJA-RIITTA HIRVONEN)

Kerättyjen näytteiden toksikologiseen karakterisointiin käytetään nisäkässolumallia, jossa elistön puolustusjärjestelmän soluja altistetaan pienhiukkasille ja mitataan hengitys- ja sydänsairauksien riskiä kuvastavia tulehduksen ja solukuoleman biokemiallisia merkkiaineita. Li-

säksi mitataan perimään liittyvää myrkyllisyyttä (genotoksisuus).– Hiukkasten kemian (PAH-yhdisteet, alkuaineet ja, ionit) ja toksisuuden yhteydet analysoidaan (Taulukko 1)

Taulukko 1 : Analysoitavat näytteet, solualtistukset ja toksikologiset analyysit

	Kattila 1 sooda 1	Kattila 1 sooda 2	Kattila 2 meesa 1	Kattila 2 meesa 2	Blankit	Yhteensä
Näytteet						
PM 1	1 + Blank	1	1	1	3	6
Solualtistukset						
Altistukset tulehduksen ja solukuoleman markkereiden määrittelyksiin						
4 annosta /näyte	4	4	4	4	12	24
3 altistuskertaa /näyte	12	12	12	12	36	72
Altistukset genotoksisuuden määrittelyksiin						
4 annosta /näyte	4	4	4	4	12	24
2 altistuskertaa /näyte	8	8	8	8	24	48
Analyysit						
Tulehdus						
• Sytokiinit	72	72	72	72	48	264
Solukuolema						
• Nekroosi	24	24	24	24	12	84
• Apoptoosi	24	24	24	24	12	84
• Solusykli analyysit	24	24	24	24	12	84
Genotoksisuus						
• Comet assay	24	24	24	24	12	84
Analyysien kokonaislukumäärä	284					852

3.3.1 Solualtistus

Hiiren RAW264.7 makrofageja (ATCC, American Type Culture Collection) kasvatetaan hiilidioksidi-inkubaattorissa (+37 °C, CO₂ 5 %) RPMI1640 soluviljelymediumissa (10 % FBS-seerumi, 2 mM l-glutamiini ja 100 U/ml penisilliini-streptomysiini). Soluja altistetaan annosvasteisesti (37 °C, 5 % CO₂) vuorokauden ajan, jonka jälkeen näyte sentrifugoidaan (380 g, 10min) ja supernatantti pakastetaan sytokiini-määrityksiä varten (-70 °C). Altistetut solut käytetään solujen elävyyden ja solukuoleman selvittämiseen.

3.3.2 Mitattavat terveyshaittoja indikoivat biokemialliset vasteet

Tulehdus

- **Typpioksidimääritys (NO):** Solujen typpioksidituotanto mitataan määrittämällä stabiilia metaboliittia nitriittiä spektrofotometrisesti Griess:n menetelmällä.
- **Sytokiinimääritykset:** Altistetuista näytteistä määritetään seuraavat käynnistyneestä tulehdusreaktiosta kertovat sytokiinit solujen tuottamina proteiineina. (IL-1, IL-6, MIP-2 TNFα) ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay)–kitin avulla (R&D systems, MN, USA). Tulokset mitataan spektrofotometrisesti ja niitä verrataan altistamattomien kontrollisolujen tuottamiin tulehdusvälittäjäaineisiin.

Solukuolema

- **MTT-testi.** Solujen elävyys mitataan spektrofotometrisesti määrittämällä toimivien mitokondrioiden määrää altistetuissa soluissa.
- **Solusyklianalyysi.** DNA:n määrä soluissa analysoidaan propidiumjodidi (PI) värjätyistä permeabilisoiduista soluista virtausytometrillä (Beckman Coulter) avulla. Analyysistä saadaan selville makrofagien solusyklin vaiheet.
- **Ohjelmoitu solukuolema (Apoptoosi).** Solusyklianalyysistä saadaan selville myös apoptoottisten solujen osuus kokonaissolumäärästä
- **Hallitsematon solukuolema (Nekroosi).** Nekroottisten solujen osuus määritetään PI-värjätyistä tuoresolunäytteistä virtausytometrillä (Beckman Coulter). Tuorevärjäyksessä PI-väriaine värjää nekroottisten solujen sisältämän DNA:n, mutta ei läpäise muiden solujen solukalvoa.

Genotoksisuus

- Altistetuista soluista analysoidaan perimävaurioita ns. komeettatestillä. Tämä genotoksisuustesti mittaa DNA-vauriota juostekatkoksina.

3.4. RAPORTOINNIT

Tuloksista raportoidaan projektin seurantakokouksissa ja väliraporteissa. Tutkimustuloksista laaditaan tieteellisiä julkaisuja ja kansantajuisia lehtiartikkeleja. Tuloksia esitellään kansallisissa ja kansainvälisissä seminaareissa. Julkaisujen sisällöstä sovitaan hankkeeseen osallistuvien kanssa.

5 AIKATAULU

Tutkimus toteutetaan vuosina 2014-2015 taulukon 2. mukaisesti.

Taulukko 2. Tutkimusaikataulu 12 PM näytteelle.

Kuukausi	2014												2015					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Näytteiden keräykset																		
Näytteiden uutto analyyseihin																		
Kemialliset analyysit																		
Solualtistukset																		
Solukuoleman määritykset																		
Tulehduksen merkkiaineiden määritykset																		
Genotoksisuuden määritykset																		
Data-analyysit																		
Raportointi																		

6 Kustannusarvio

Hankkeen kokonaiskustannukset ovat **107 612 EUR** plus **arvonlisävero 25 827 EUR** eli yhteensä **133 438 EUR** sisältäen henkilöstö-, laite-, materiaali-, tila- ja matkakustannukset sekä arvonlisäveron (24 %).

LIITE IV

**Soodakattilan käynnistysten, alasajon ja häiriöiden
määrittely – yhteenveto tehtaiden vastauksista
14.10.2014**



Markus Nieminen

9.10.2014

SOODAKATTILAN KÄYNNISTYS-, PYSÄYTYS- JA HÄIRIÖJAKSOJEN MÄÄRITTELY - PROJEKTI

Yhteenveto tehtaiden ehdotuksista ja mielipiteistä käynnistys-, pysäytys ja häiriöjaksojen määrittelyistä.

Vastaukset:

- Kotka Mills
- MF Kemi
- MF Joutseno
- MF Äänekoski
- SE Imatra
- SE Enocell
- UPM Kymi
- UPM Wisa

Soodakattilan ylösajojakso päättyy kun (voi luetella useita kriteerejä):

- Päähöyryn virtaus, ylösajojakso päättyy kun virtaus on yli 65% höyrykehityksestä
- Päähöyryn virtaus, ylösajojakso päättyy kun virtaus on yli 57% höyrykehityksestä
- Ilmataso, ylösajojakso päättyy kun tertiäri-ilmataso käynnistyy
- Mustalipeävirtaus, ylösajojakso päättyy kun virtaus on yli 60% lipeän virtauskapasiteetista
- Mustalipeävirtaus > 35% nimellisestä
- Kattila on päällä kun on lipeä tulet ja päähöyryventtiili auki. Parempi olisi määrittää jokin minimi kuorma, esim. hajukaasujen poltto ehto täyttyy
- Sulaa alkaa virtaamaan liuottajaan

Soodakattilan alasajojakso alkaa kun (voi luetella useita kriteerejä):

- Päähöyryn virtaus, alasajojakso alkaa kun virtaus laskee alle 65% höyrykehityksestä
- Päähöyryn virtaus, alasajojakso alkaa kun virtaus laskee alle 57% höyrykehityksestä
- Tukiöljy, alasajojakso alkaa kun tukiöljyn poltto käynnistyy
- Mustalipeävirtaus, alasajojakso alkaa kun virtaus on alle 60% lipeän virtauskapasiteetista
- Höyryvirtaus < 35% nimellisestä
- Meillä ei ole määritelty ”alasajojaksoa”. Kattila pois päältä kun lipeätuli loppuu
- Mustalipeän polton kuorma laskee alle 75% nimelliskapasiteetista
- Apupolttoainetta joudutaan käyttämään alasajoon mustalipeä polton tukemiseksi

Kattila on normaaliajossa kun seuraavat ehdot täyttyvät

- Kattila on päällä (savukaasupuhallin + lipeän poltto tai kaasutulet päällä)
- Väkevien hajukaasujen polttolupa päällä
- Hakeruuvi päällä
- Sähkösuotimet eivät ole häiriössä
- Kattila on päällä (seuraavat ehdot täyttyvät)



Markus Nieminen

9.10.2014

- savukaasupuhallin päällä
- öljypoltin päällä tai höyrykuorma yli 43% nimelliskapasiteetista
- savukaasun lämpötila piipussa yli 130 C
- Lipeän poltto yli 70% nimelliskapasiteetista
- Sähkösuotimet eivät ole häiriössä

Miten määritellä soodakattilan häiriöjakso: (voi luetella tyypillisimpiä tapauksia):

Esim. polttolipeän parametrien avulla, jos liian suuri tai pieni -> häiriö

- Kuiva-aine
- Lämpötila
- Paine

Pieni kuorma

Väkevien hajukaasujen poltto estynyt

Tukipoltto päällä

Höyryntuotanto alle 45% nimellisestä

Sähkösuodattimen toiminta (jännite ja virta), suodattimen kenttiä pois päältä alle suunnitellun.

- Päästöehdot voimassa jos yksi kentistä pois päältä (kolme kammiota joissa kolme kenttää).

Kuiva-ainepitoisuus:

- Mustalipeän kuiva-aine on alle 70%

Sähkösuodattimen häiriötila:

- Lipeän poltto päällä ja kaksi tai useampi suodin kolmesta on häiriössä
- Lipeäpoltto on päällä ja kolme tai useampi suodin neljästä on pois
- Yksi tai useampi suodin pois ja kattilan teho enemmän kuin 75% nimelliskapasiteetista
- Kaksi tai useampi suodin pois ja kattilan teho enemmän kuin 70% nimelliskapasiteetista
- Sähkösuodin on pois päältä kun kolmesta kentästä kaksi tai useampi kenttä on pois käytöstä.
- Sähkösuodattimen häiriöajaksi lasketaan aika jolloin seuraavat ehdot toteutuvat yhtäaikaaisesti:
 - Kattila on päällä
 - Lipeän poltto päällä
 - Yhden sähkösuotimen kentistä kaksi on tai useampi on pois käytöstä
 - Kyseisen sähkösuotimen molemmat pellit ovat auki
- Sähkösuodattimen häiriöajaksi lasketaan aika jolloin seuraavat ehdot toteutuvat yhtäaikaaisesti:
 - Kattila on normaaliajossa
 - Kolme kammiota on poissa päältä

Savukaasupesuri häiriötila:

- Lipeän poltto päällä ja savukaasupesuri on pois päältä (pumppu pois päältä)
- Savukaasupesurin häiriötilanteessa ei lasketa vuorokausilupaehtoon verrannollista TRS



Markus Nieminen

9.10.2014

pitoisuutta.

Liottajasta, vahvalipeäsäiliöstä ja sekoitussäiliöstä syntyy laimeita hajukaasuja, jotka poltetaan soodakattilassa. Jos hönkien poltto on estynyt, ne voidaan ajaa liuottajan hönkäpesurin ja savukaasupesurin kautta soodakattilan piippuun, jolloin ne kulkevat päästömittausten kautta. Hönkien ohitustilanteita pidetään häiriötilanteina, joiden aikana ei lasketa vuorokausilupaehtoon verrannollista TRS pitoisuutta. Sen sijaan ohitukset huomioidaan laimeiden hajukaasujen käsittelyn lupaehtoon noudattamisessa ja TRS –päästörajat ylittävän 220h/a ajan laskennassa silloin kun luparaja ylittyy.

- Liuottajan hönkäpesurin ohitus
 - Lipeän poltto päällä ja liuottajan hönkäpuhallin ei ole käynnissä ja venttiili auki pesurille
- Sekoitussäiliön hönkien ohitus
 - Venttiili ohitukseen auki ja TRS-päästö yli 10 mg/m³(n)
- Vahvalipeäsäiliön hönkien ohitus, häiriötila jos TRS-päästö on yli 10 mg/m³(n)
 - Lipeän poltto päällä ja venttiili ohitukseen auki

LIITE V

**Counter-current flows in the recovery-boiler lower
furnace – a key to understanding nitrogen chemistry
and sulphur capture, Andritz ICRC2014 esitys
10.6.2014**

Counter-current flows in the recovery-boiler lower furnace – a key to understanding nitrogen chemistry and sulphur capture

Paterson McKeough and Jukka Savolainen



www.andritz.com

International Chemical Recovery Conference
Tampere, Finland, 8-13.6.2014

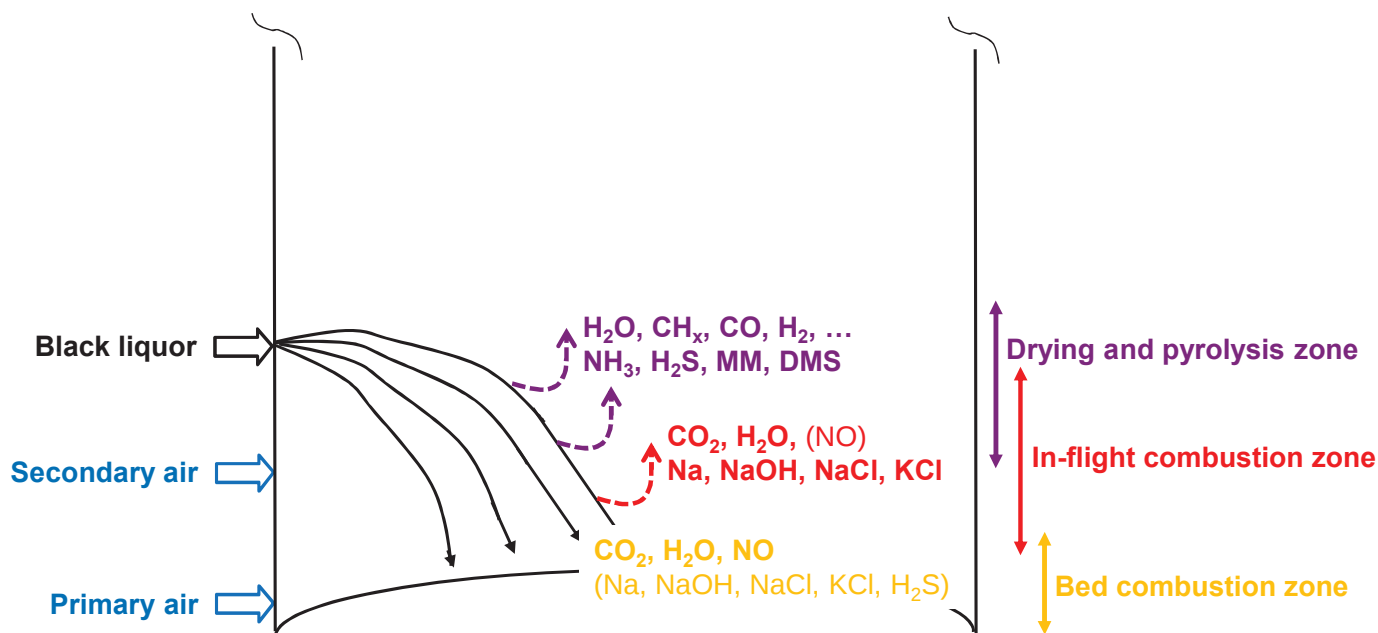
We accept the challenge!

Counter-current flows in the recovery-boiler lower furnace

1. Overview of combustion zones and material flows

Combustion zones in the lower furnace

Pyrolysis, in-flight combustion, bed combustion

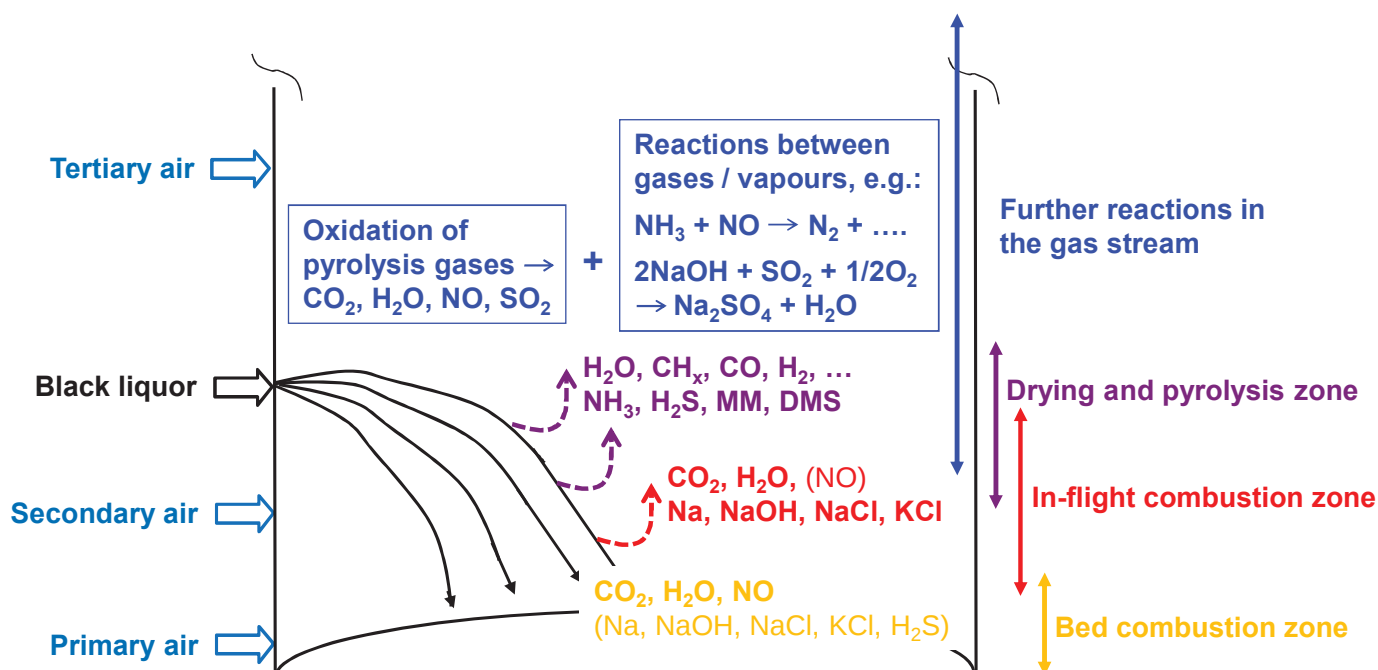


3

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Combustion zones in the lower furnace

Pyrolysis, in-flight combustion, bed combustion
and certain further key reactions in the gas stream

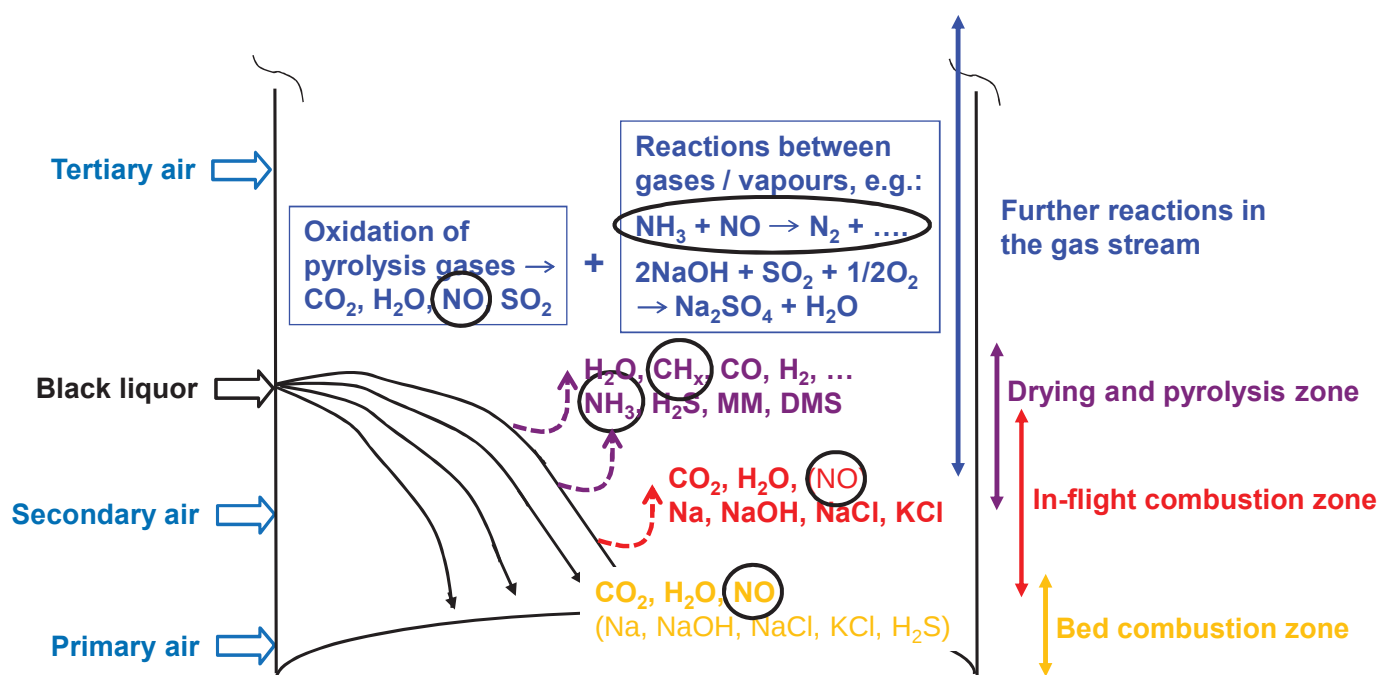


4

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Combustion zones in the lower furnace

Key reactants and reactions for understanding **nitrogen chemistry**

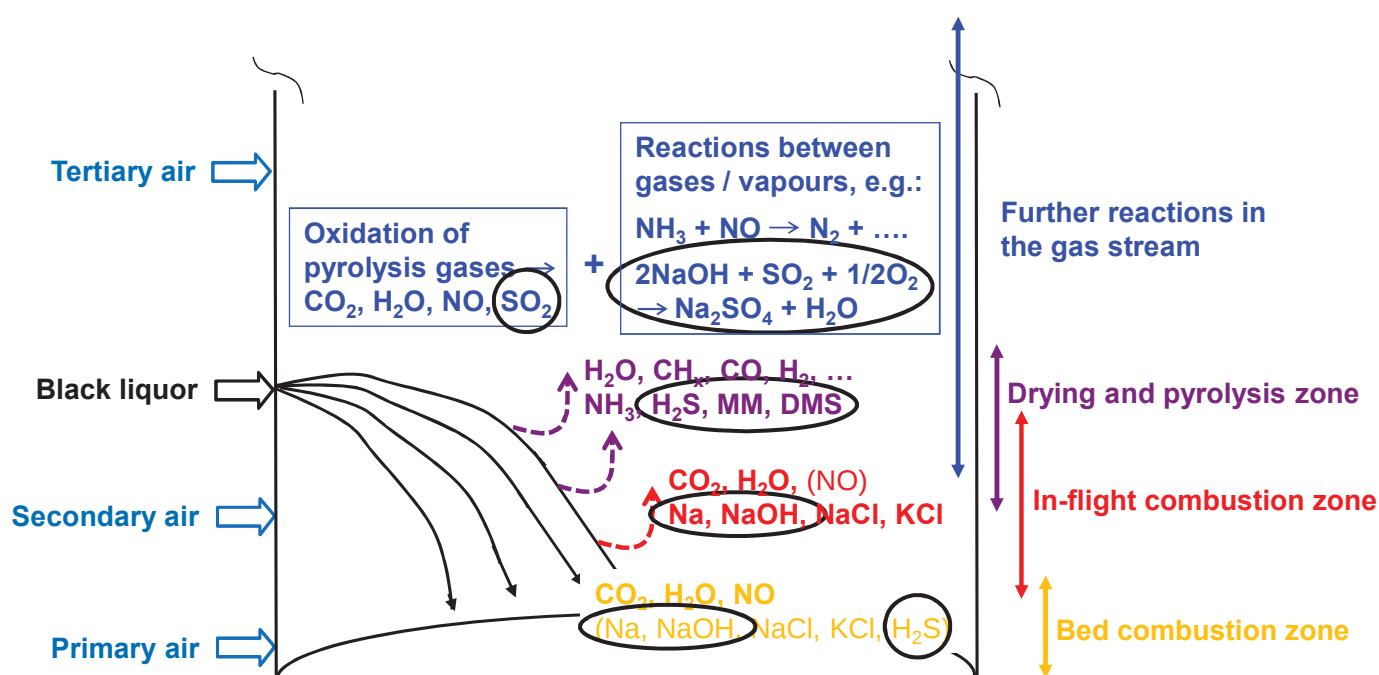


5

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Combustion zones in the lower furnace

Key reactants and reactions for understanding **sulphur capture**



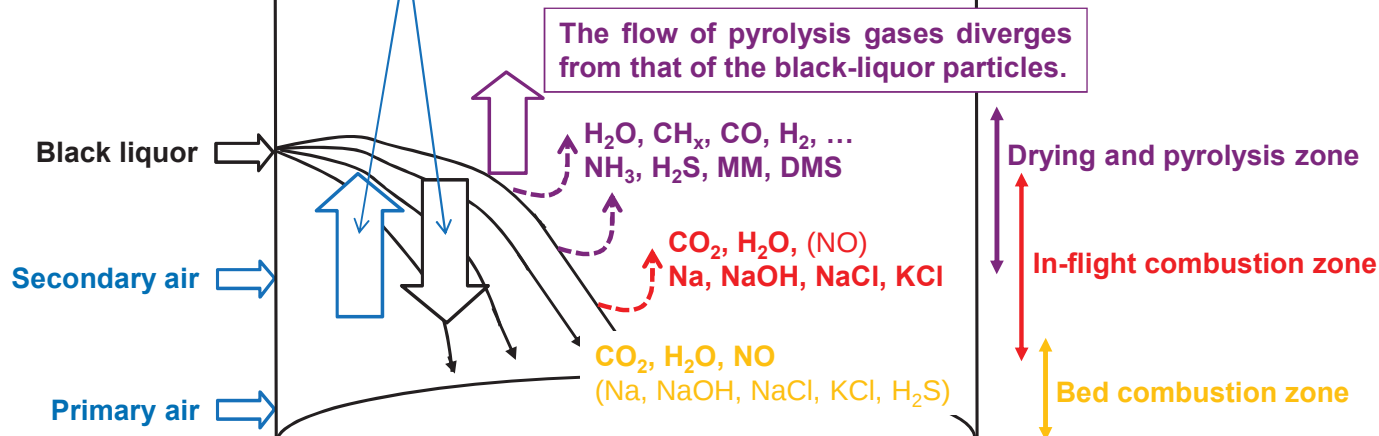
6

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Combustion zones in the lower furnace

Counter-current flows - a key to understanding N chemistry and S capture

The fact that the reacting black-liquor particles move predominantly counter-current to the gas flow has a bearing on certain gas-stream reactions involving nitrogen and sulphur compounds



7

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Counter-current flows in the recovery-boiler lower furnace

2. Implications of counter-current flows for nitrogen chemistry
 - basic ideas

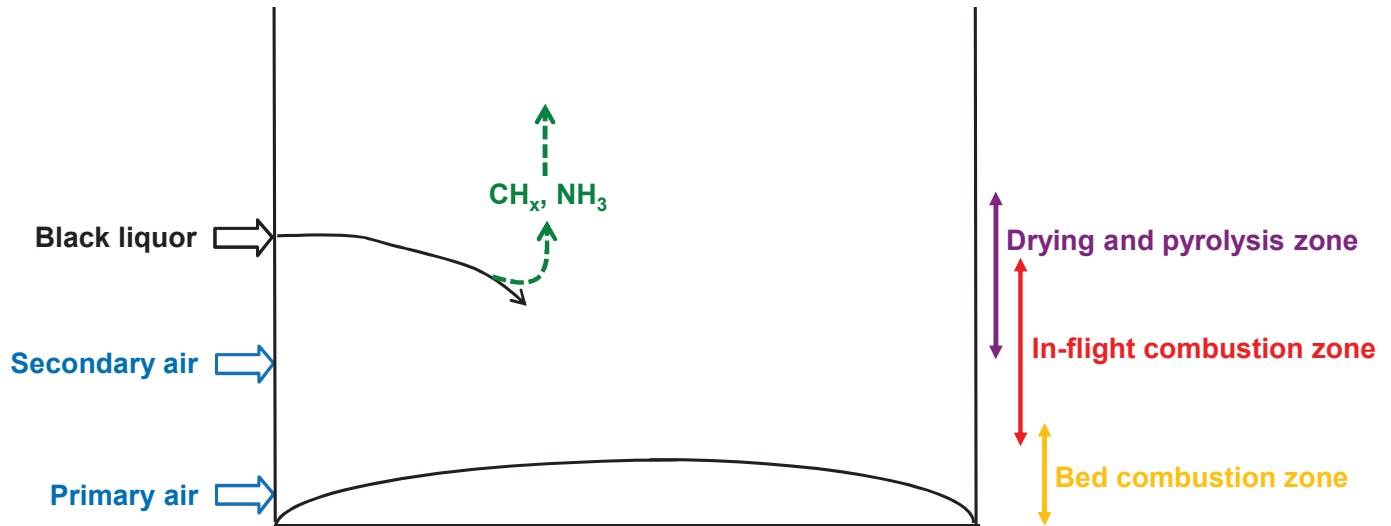
8

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 1. The release of NH₃, and also combustible fuel-derived compounds, such as hydrocarbons CH_x, begins at a relatively short distance from the black-liquor nozzles. The compounds released here tend to be conveyed upwards and the oxidation of these compounds is initially limited.



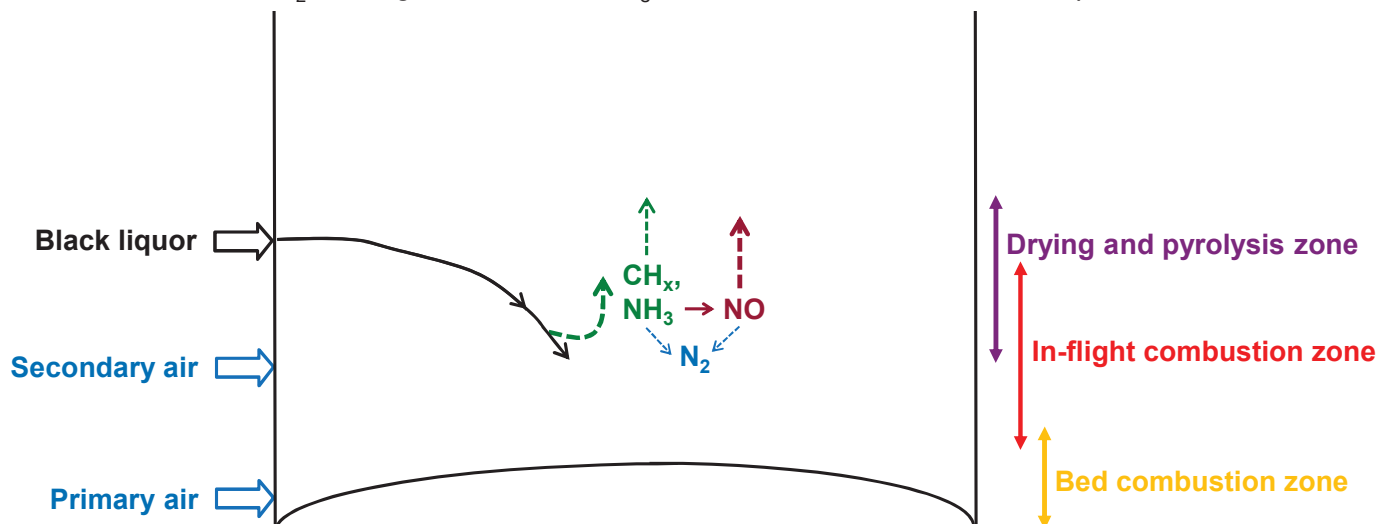
9

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 2. NH₃ released from black liquor lower down tends to be converted to NO to a significant degree (higher temperatures; more oxygen available) and the NO so produced is then conveyed upwards. (Some of this NO may react locally in beneficial N₂-forming reactions with NH₃ and/or fuel-derived combustibles.)



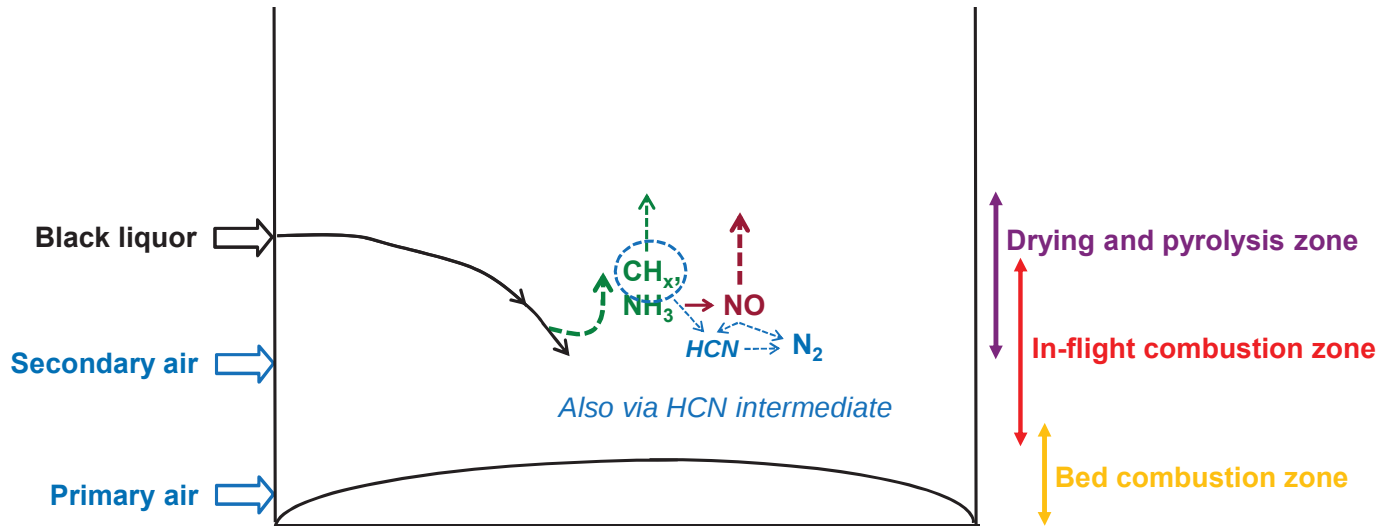
10

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 2. NH₃ released from black liquor lower down tends to be converted to NO to a significant degree (higher temperatures; more oxygen available) and the NO so produced is then conveyed upwards. (Some of this NO may react locally in beneficial N₂-forming reactions with NH₃ and/or fuel-derived combustibles.)



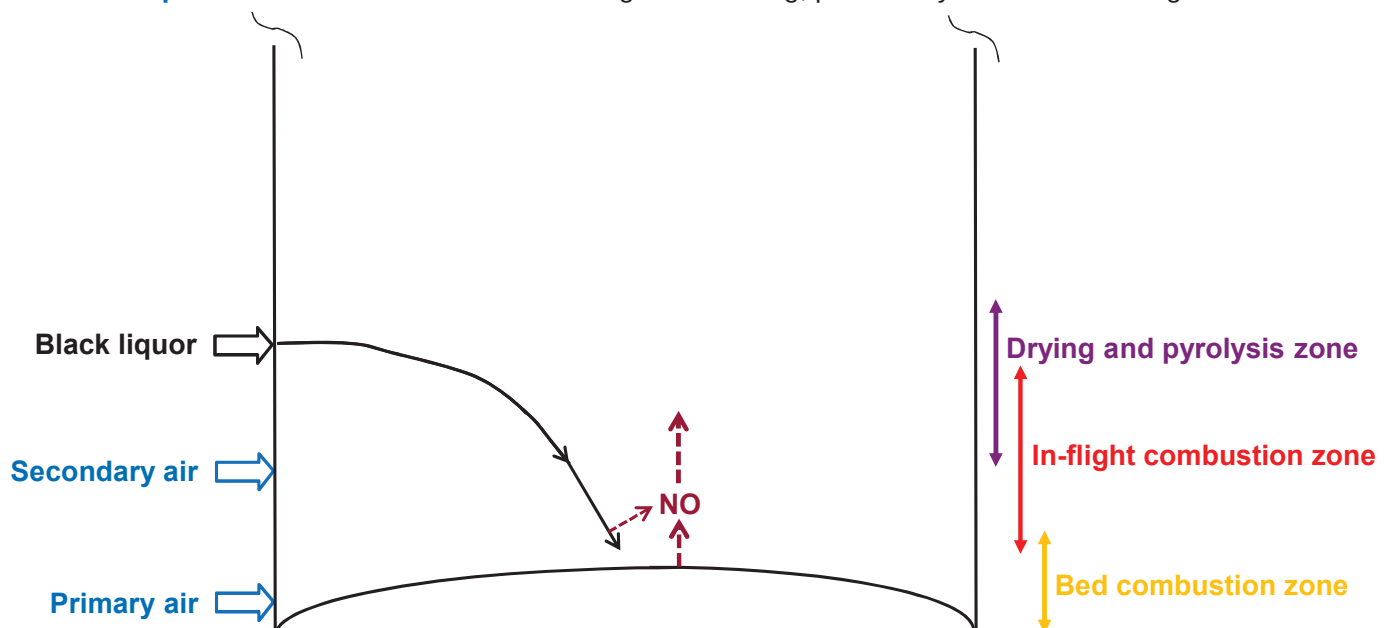
11

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 3. Some NO is also released during char burning, particularly from char burning on the bed.



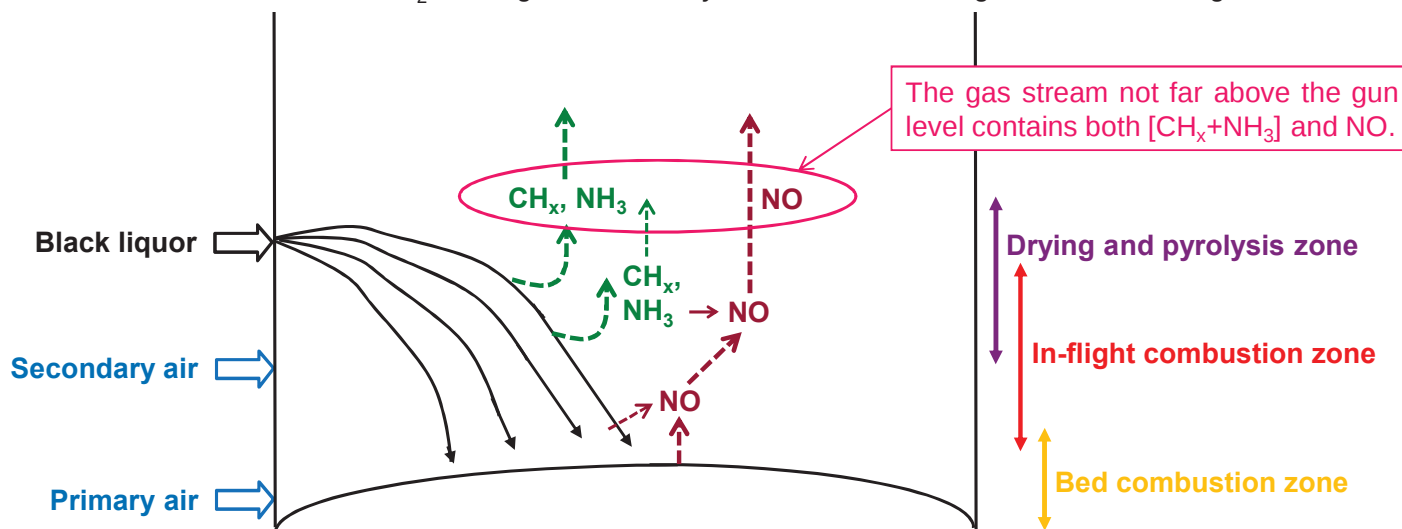
12

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 4. NH₃ and fuel-derived combustibles from Steps 1 and 2 and NO from Steps 2 and 3 come into contact under conditions which are reasonably favourable for beneficial (N₂-forming) reactions between them. Competing reactions include oxidation of NH₃, HCN and CH_x. For this reason, once NO has been formed, N₂-forming reactions may benefit from reducing conditions in the gas stream.



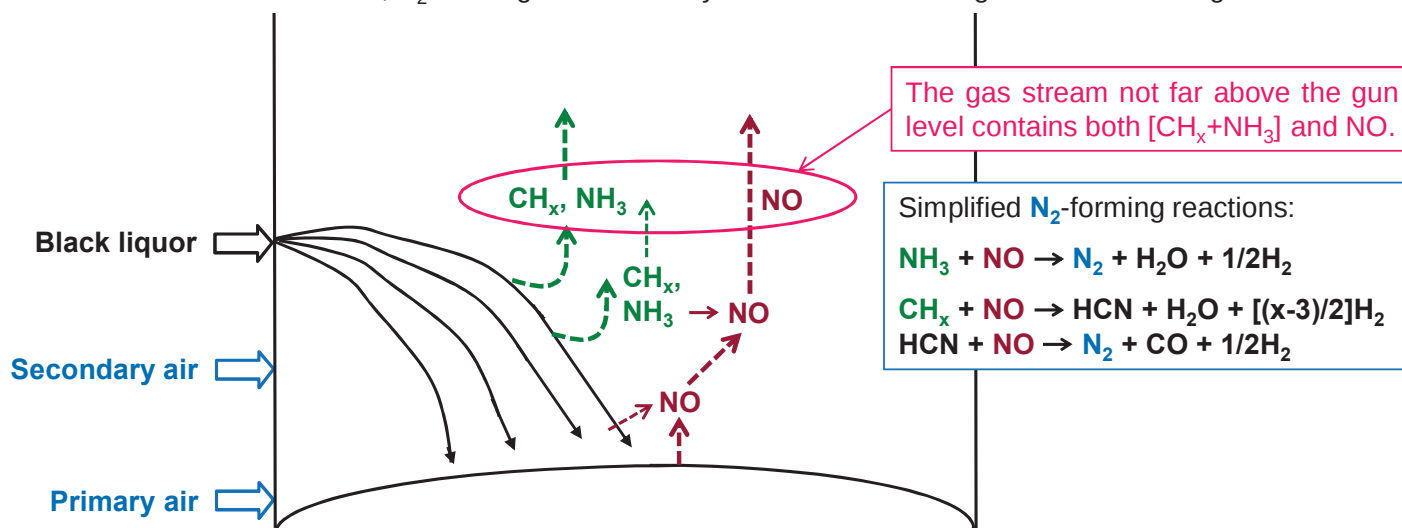
13

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 4. NH₃ and fuel-derived combustibles from Steps 1 and 2 and NO from Steps 2 and 3 come into contact under conditions which are reasonably favourable for beneficial (N₂-forming) reactions between them. Competing reactions include oxidation of NH₃, HCN and CH_x. For this reason, once NO has been formed, N₂-forming reactions may benefit from reducing conditions in the gas stream.



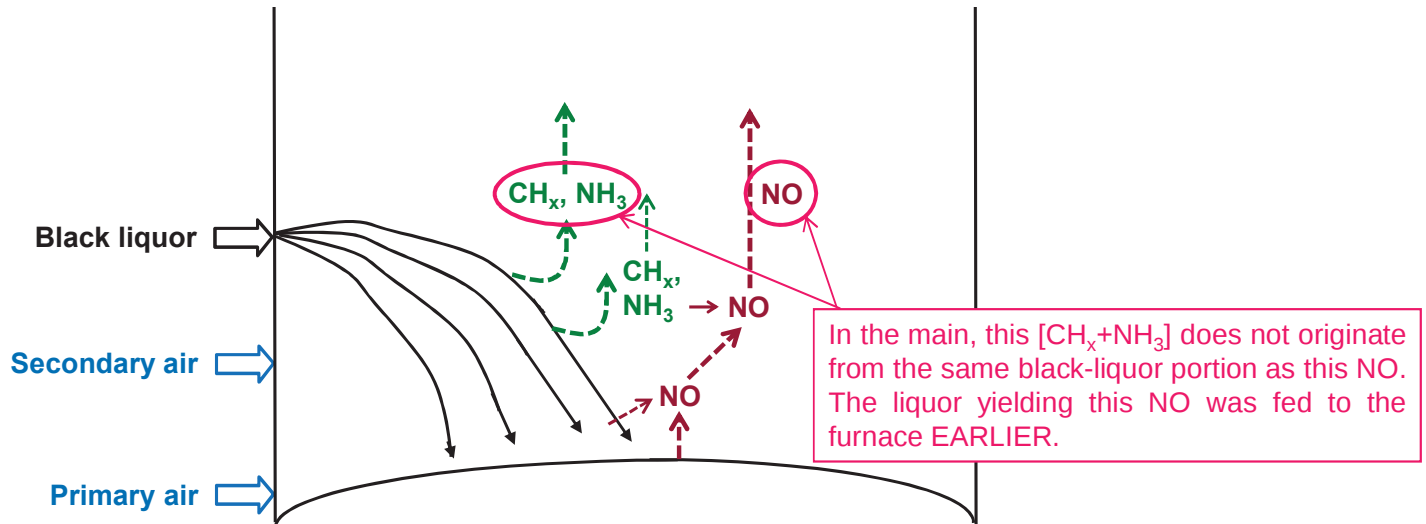
14

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 4. NH₃ and fuel-derived combustibles from Steps 1 and 2 and NO from Steps 2 and 3 come into contact under conditions which are reasonably favourable for beneficial (N₂-forming) reactions between them. Competing reactions include oxidation of NH₃, HCN and CH_x. For this reason, once NO has been formed, N₂-forming reactions may benefit from reducing conditions in the gas stream.



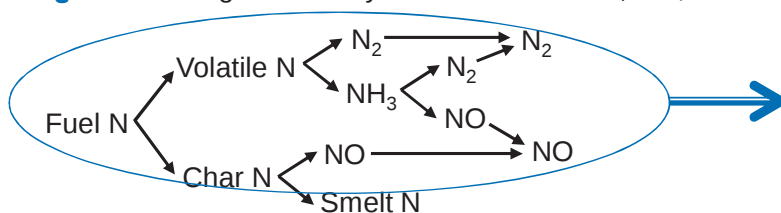
15

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

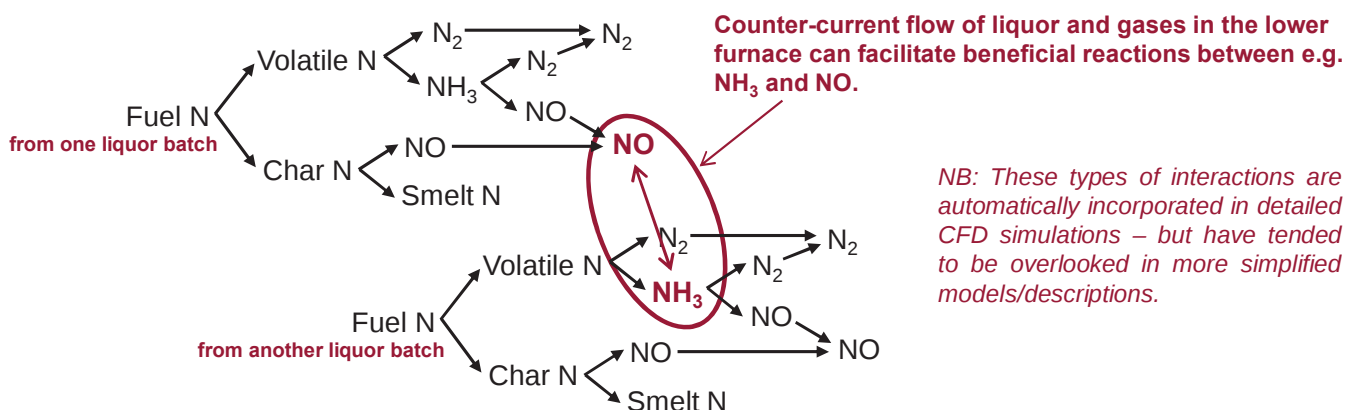
NO_x formation and reduction in the recovery furnace

A shift of emphasis

An inherent assumption in many previous analyses has been that the reactions are occurring with both **fuel and gases** moving in basically the same direction; viz., **co-currently**:



However, **in the recovery-boiler lower furnace, the gas flow** is, in the main, **counter-current to the flow of liquor droplets** / particles. As explained in the previous slides, this results in increased opportunity for NH₃, NO and fuel-derived combustible components to come into contact and react beneficially with each other:



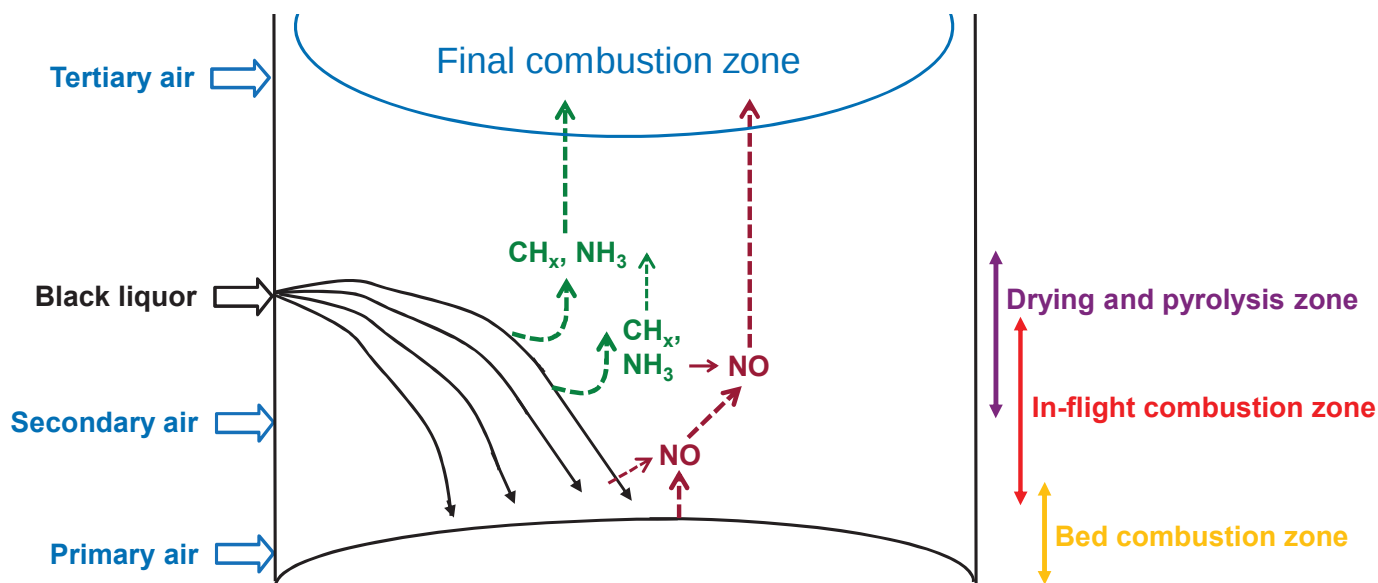
16

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 5. The beneficial reactions are largely curtailed in the final combustion zone.



17

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

NO_x formation and reduction in the recovery furnace

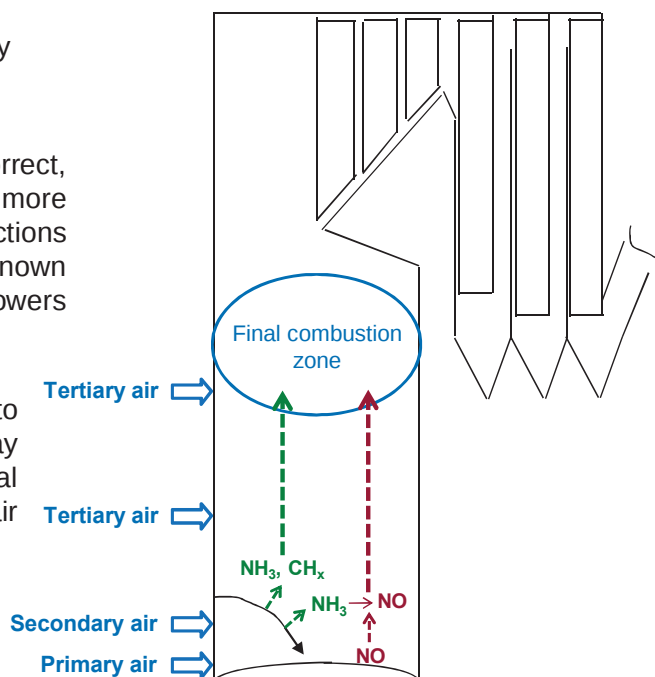
Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 5. The beneficial reactions are largely curtailed in the final combustion zone.

Assuming that this theoretical picture is correct, the higher the final combustion zone, the more opportunity there is for the beneficial reactions to occur. This is consistent with the well-known trend that higher overall tertiary-air input lowers NO_x emission.

In fact, this theoretical picture has proved to be completely in accordance with the way that we have, over the years, learnt by trial and error to operate a multilevel tertiary-air system in order to minimize NO_x emission.

Note that, in Andritz's nomenclature, all air delivered above the gun level, irrespective of the number of such delivery levels and their elevations, is termed tertiary air.



18

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

3. Implications of counter-current flows for nitrogen chemistry
 - field data supporting the ideas

Field data generated in the ChemCom 2.0 project

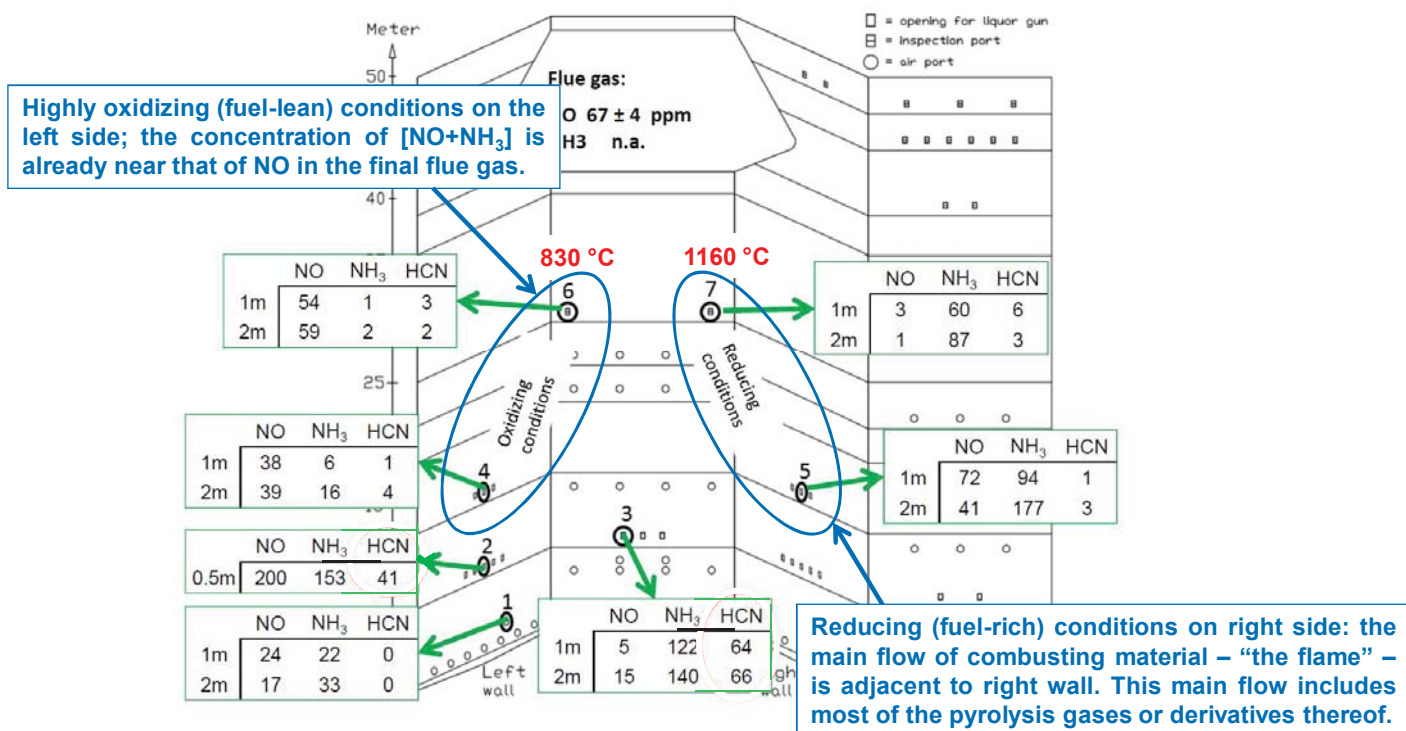
Measurements of gas composition in various zones of a recovery furnace

Boiler: recovery boiler of the UPM Wisaforest mill, Finland

- ChemCom 2.0 R&D project 2008 - 2010: main funding from Tekes and industrial companies; leading research group: Process Chemistry Centre, Åbo Akademi U.
- Results of the gas-composition measurements have been reported in the following publication:
 - E. Vainio, A. Brink, N. DeMartini, M. Hupa, H. Vesala, K. Tormonen, and T. Kajolinna, In-furnace measurement of sulfur and nitrogen species in a recovery boiler, 2010 International Chemical Recovery Conference, Williamsburg, USA, 29 March – 1 April, 2010, Vol 1, pp 106-118.
- As indicated in later slides, the results concerning nitrogen and sulphur species seem to support the ideas, presented herein, regarding both nitrogen chemistry and sulphur capture.

Field data generated in the ChemCom 2.0 project

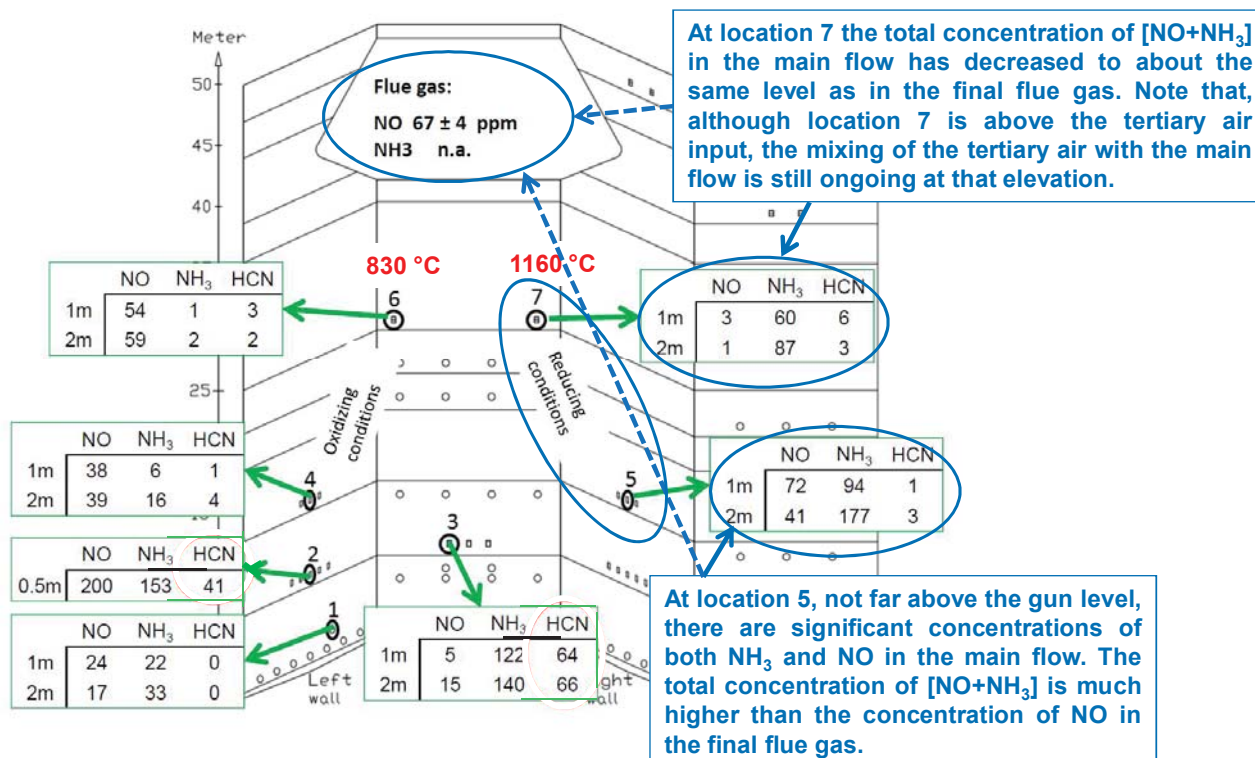
Measurements of gaseous **nitrogen** species (concentrations as ppm_v)



Courtesy of the
ChemCom2 project

Field data generated in the ChemCom 2.0 project

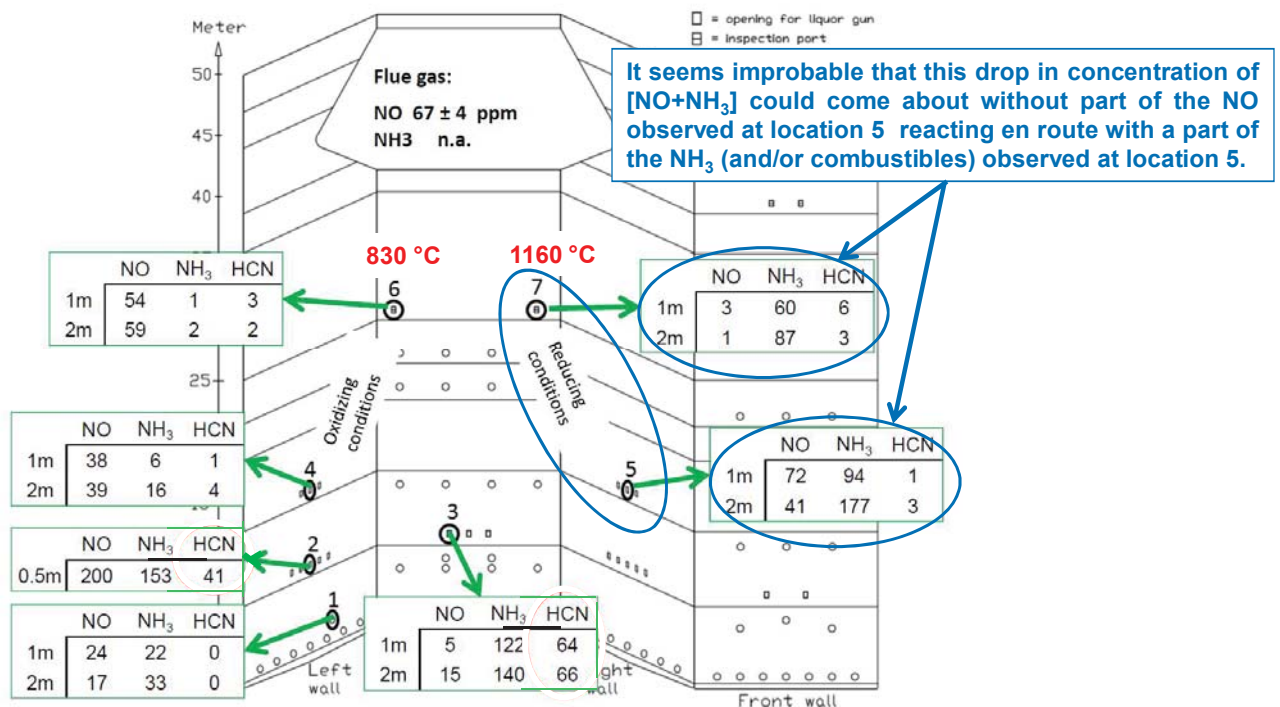
Measurements of gaseous **nitrogen** species (concentrations as ppm_v)



Courtesy of the
ChemCom2 project

Field data generated in the ChemCom 2.0 project

Measurements of gaseous **nitrogen** species (concentrations as ppm_v)



PS: Obviously one has to be cautious in interpreting these measurement data collected from a limited number of locations at different times.

Courtesy of the ChemCom2 project

23

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Recent in-house field data

Comprehensive measurement campaign at one mill

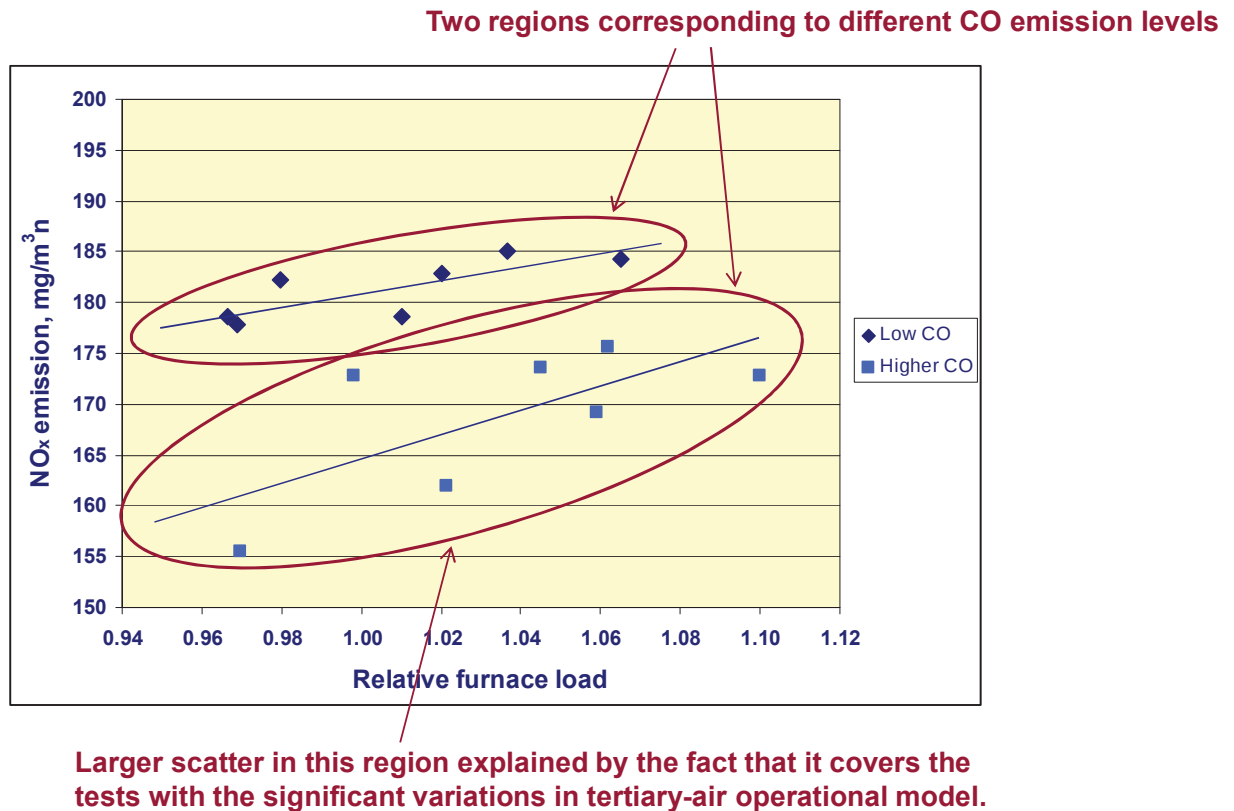
- Boiler: large recovery boiler with a multi-level tertiary-air system (Note, however, that the boiler is not one designed for lowest possible NO_x emission.)
- Campaign manager: J. Savolainen
- The boiler tests were meticulously planned and carried out with the aim of “one key variable at a time”.
- Main variables investigated:
 - boiler load
 - excess oxygen (CO emission level)
 - secondary-air operational model, including share of secondary air
 - tertiary-air operational model, including share of tertiary air.
- The in-house data presented in the following slides were all generated during this one campaign.

24

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Recent in-house field data

NO_x vs. furnace load



25

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Recent in-house field data

Testing the emphasized theoretical viewpoint against the field data

- In order to test the idea that beneficial reactions occurring between the liquor guns and the final combustion zone can explain the dependence of NO_x emission on the tertiary-air operational model, the following procedure was adopted:
 - An index was developed to describe the relative extent of reaction of the N₂-forming beneficial reactions above the liquor guns.
 - The NO_x emission figures were corrected for boiler load and CO emission level, the aim being that the corrected figures would depend on one major variable only: the tertiary-air operational model.
- As seen in the next slide, a reasonable correlation between the corrected NO_x emission figures and the reaction-extent index was obtained.

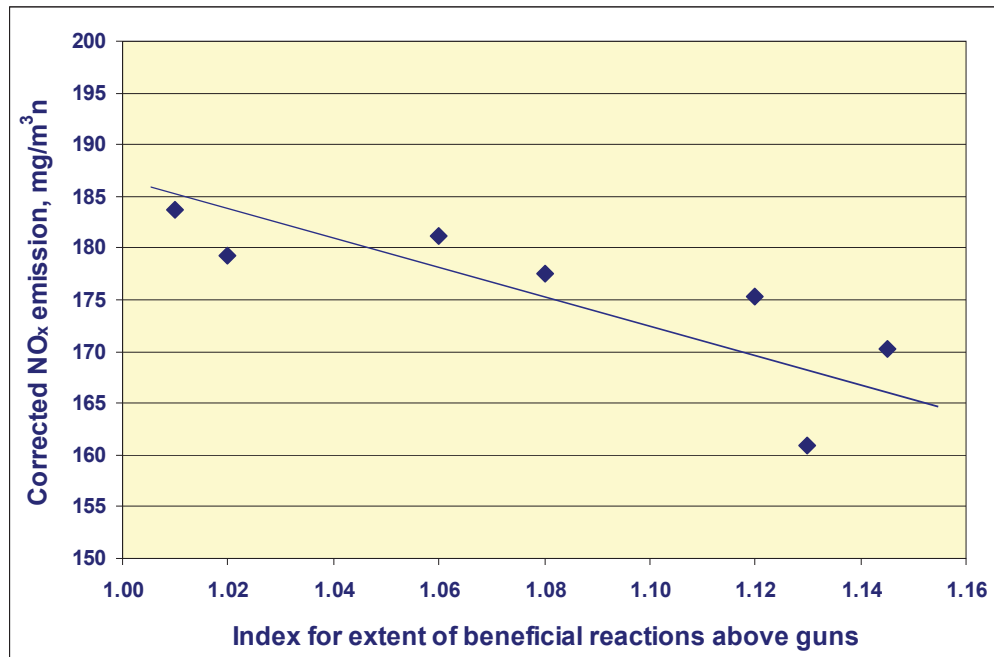
26

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Recent in-house field data

Testing the emphasized theoretical viewpoint against the field data

In these seven tests, the tertiary-air operational model was varied, covering both changes in the overall share of tertiary air and changes in the distribution of tertiary air between the different levels.



27

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Counter-current flows in the recovery-boiler lower furnace

4. Implications of counter-current flows for sulphur capture
 - basic ideas

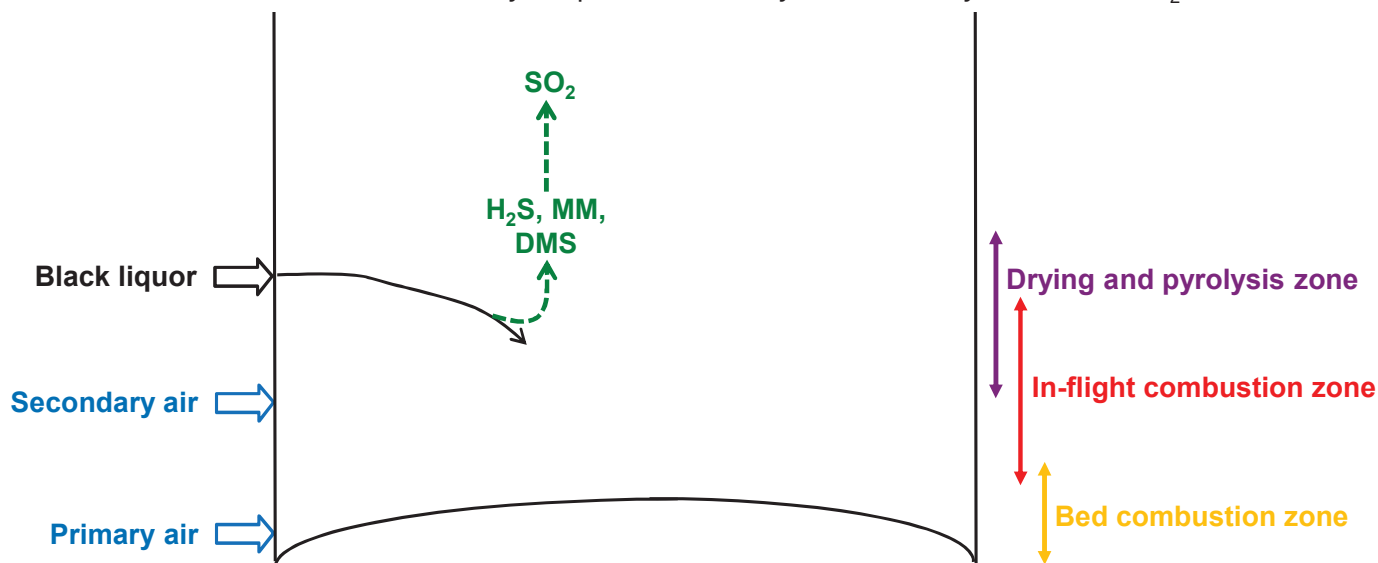
28

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 1. The release of reduced sulphur gases, in particular H_2S , CH_3SH (MM) and $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ (DMS), begins at a relatively short distance from the black-liquor nozzles. The compounds released here tend to be conveyed upwards, and they are eventually oxidized to SO_2 .



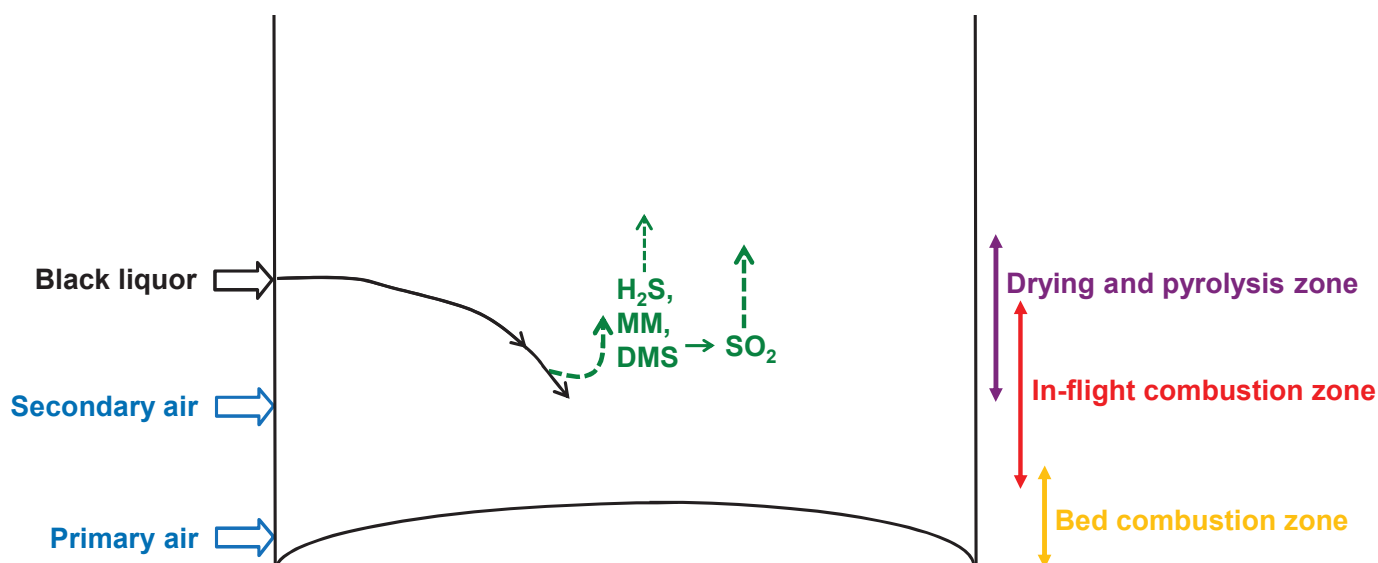
29

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 2. Reduced sulphur gases released from black liquor lower down convert more readily to SO_2 (higher temperatures; more oxygen available).



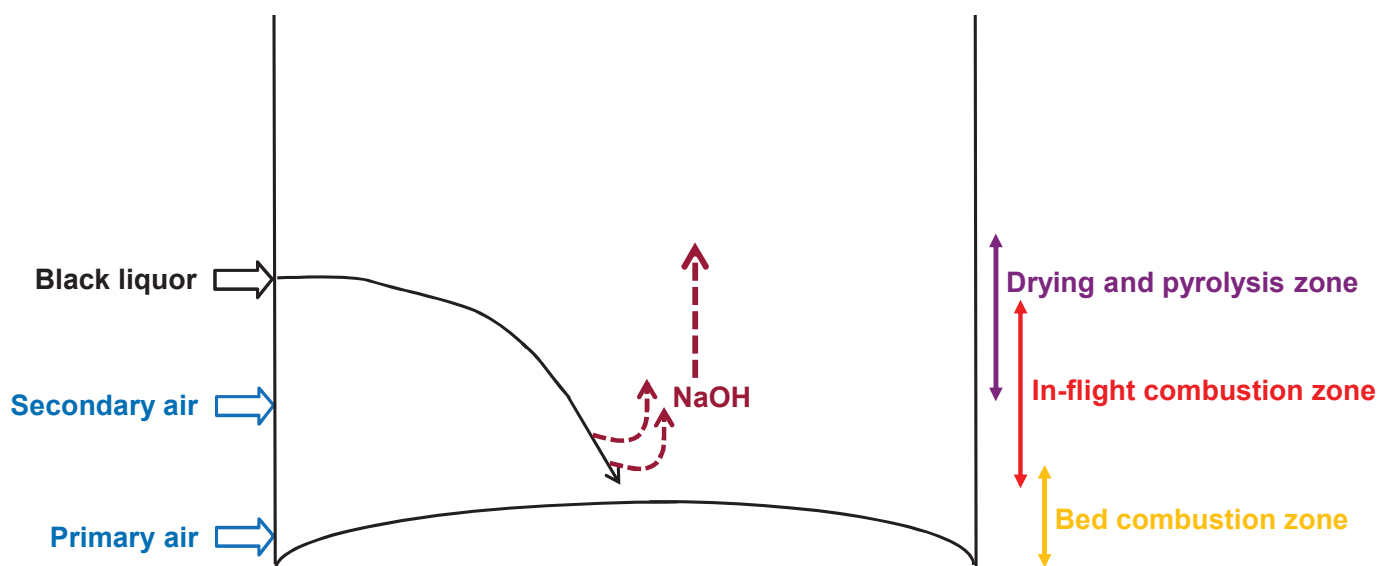
30

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 3. During in-flight combustion of black-liquor char material, sodium is released as NaOH and/or is released and then quickly converted to NaOH.



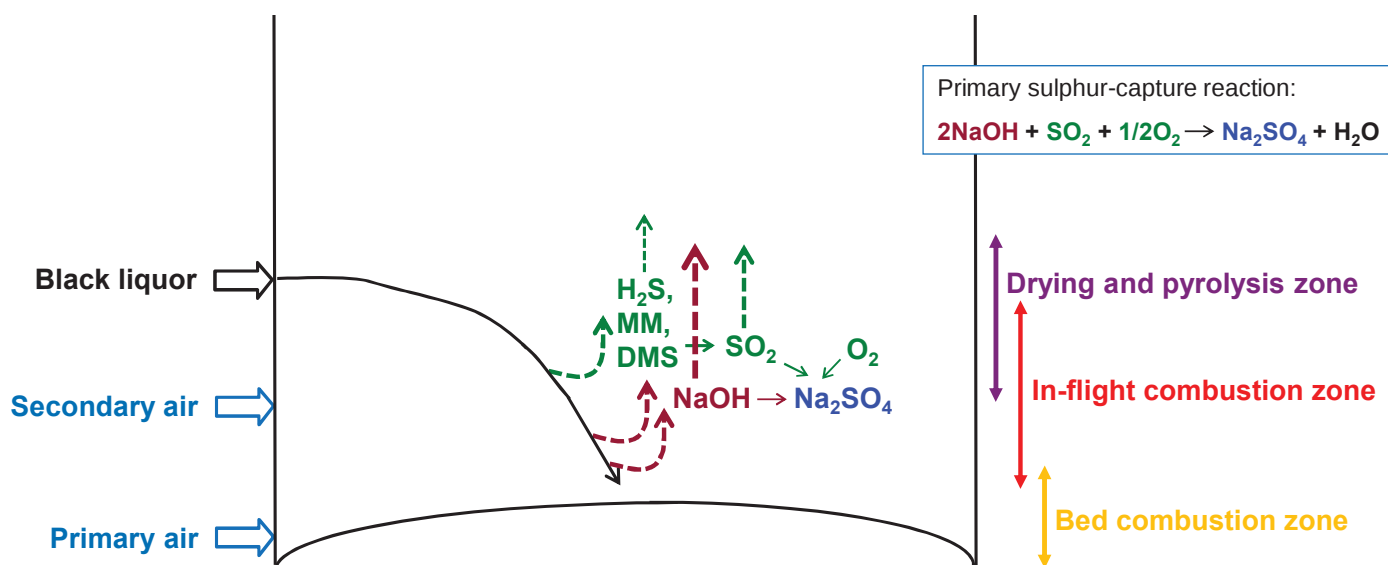
31

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 4. Some limited reaction between NaOH and SO₂ and O₂ occurs in the in-flight combustion zone – depending mainly on availability of SO₂.



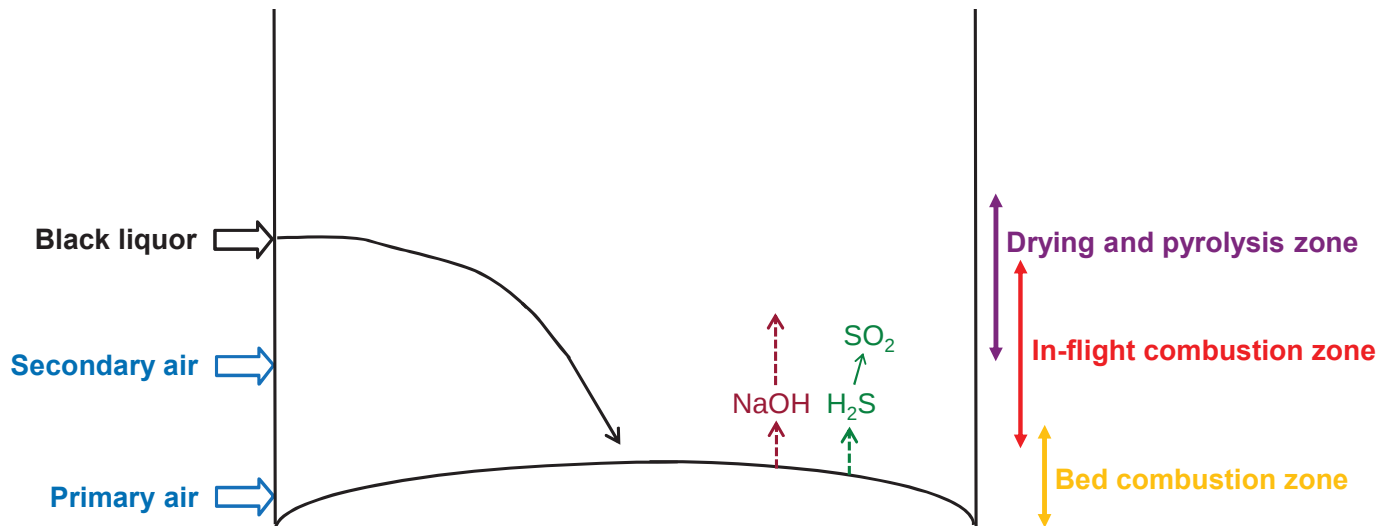
32

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 5. Some H₂S may be released during char burning, particularly from the char bed if reducing conditions prevail close to the bed surface. In the in-flight combustion zone, this H₂S is largely oxidized to SO₂, which is presumably captured within the zone. Some sodium is released from the char bed.



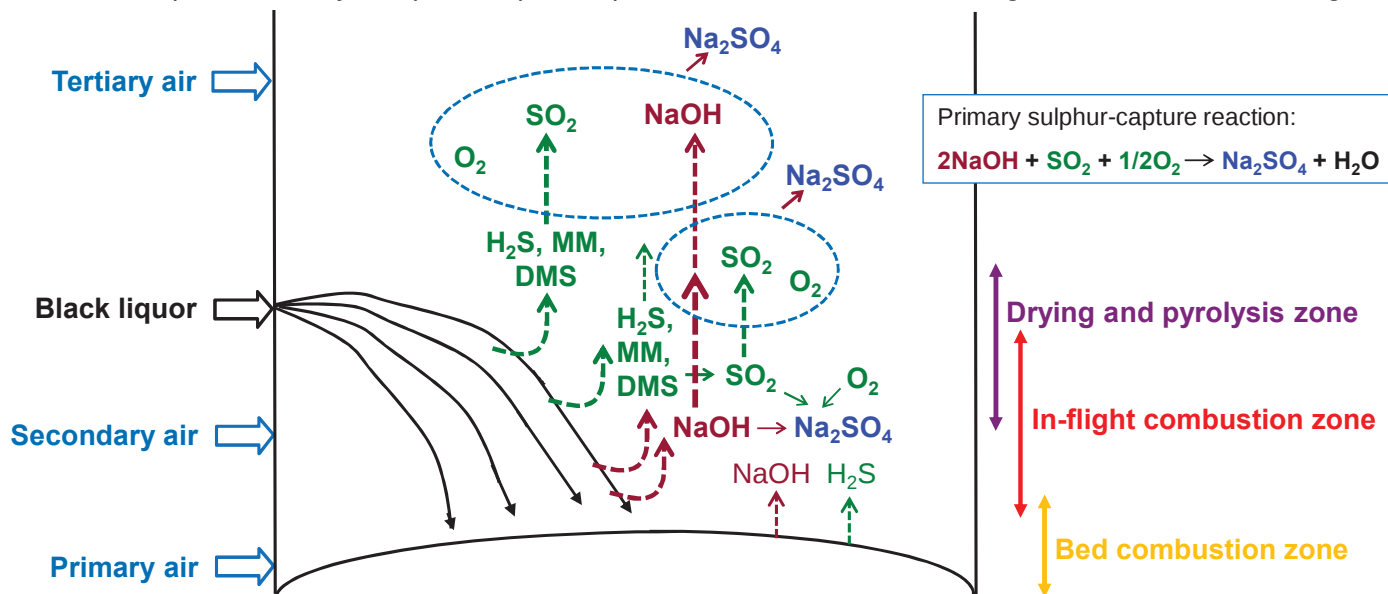
33

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 6. The greater part of the sulphur capture occurs above the liquor-gun level. Typically, complete or nearly complete sulphur capture is attained before or during the final combustion stage.



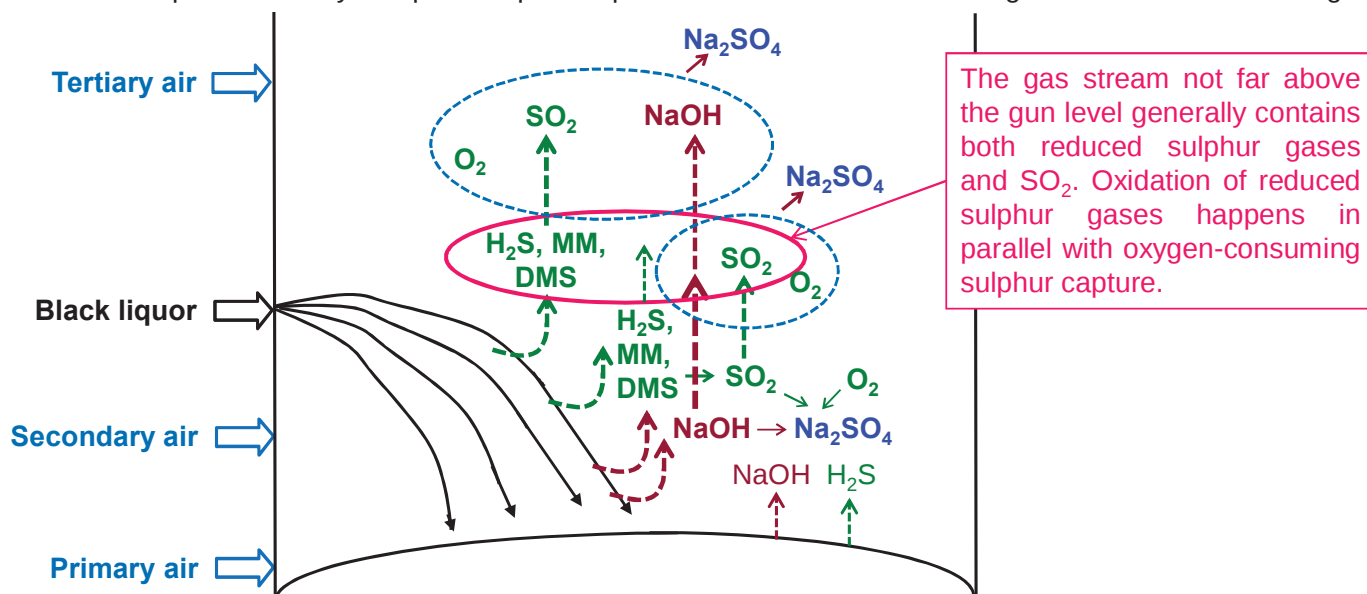
34

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 6. The greater part of the sulphur capture occurs above the liquor-gun level. Typically, complete or nearly complete sulphur capture is attained before or during the final combustion stage.



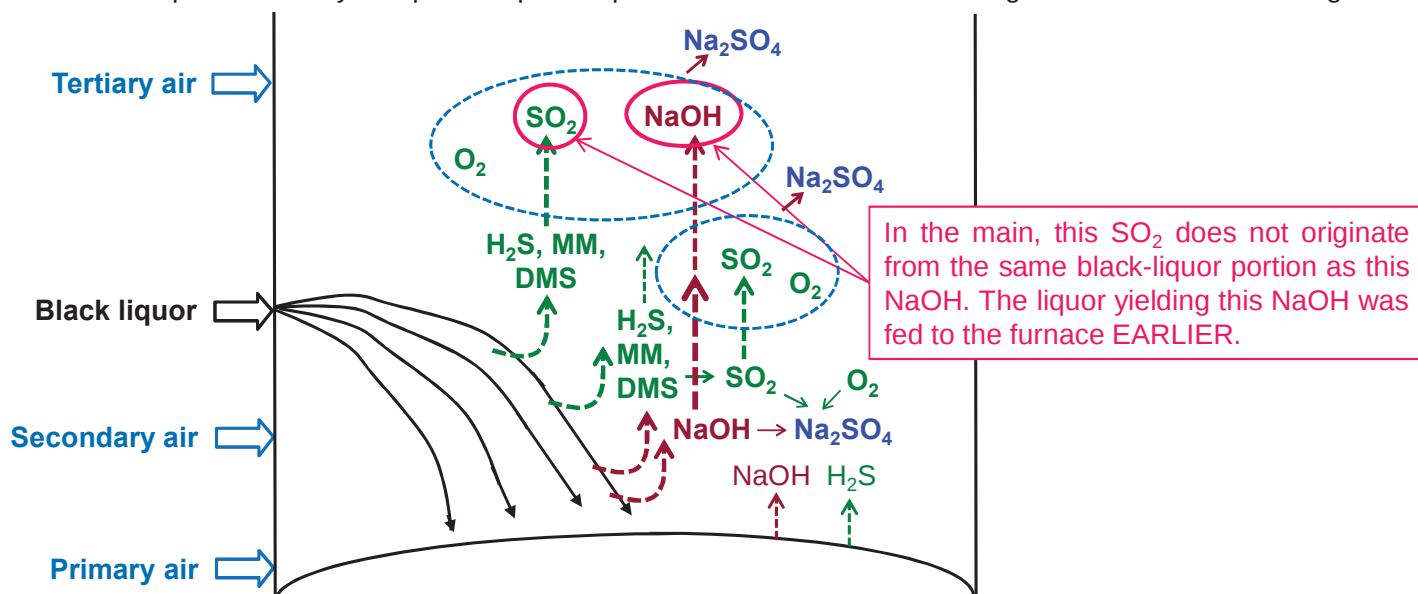
35

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 6. The greater part of the sulphur capture occurs above the liquor-gun level. Typically, complete or nearly complete sulphur capture is attained before or during the final combustion stage.



36

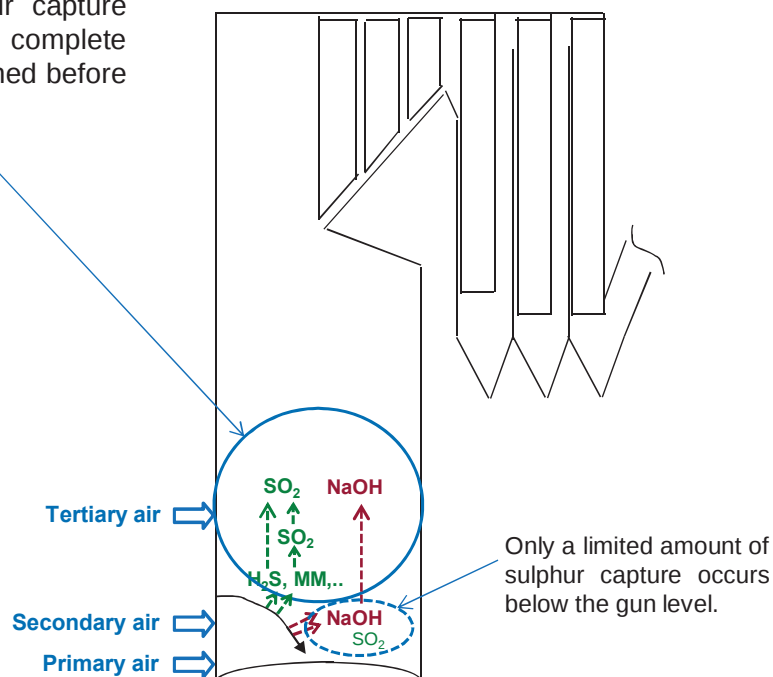
Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Sulphur release and capture in the recovery furnace

Counter-current flows in lower furnace taken into account

Step 6. The greater part of the sulphur capture occurs above the liquor-gun level. Typically, complete or nearly complete sulphur capture is attained before or during the final combustion stage.

Due to the fact that, in the lower furnace, the reacting black-liquor particles move predominantly counter-current to the gas flow, only a limited proportion of the overall S capture occurs below the gun level. This could be very significant from the point of view of Na release. For example, if Na release is thermodynamically limited – as argued elsewhere* – Na release would increase should a greater proportion of the overall S capture occur in the in-flight combustion zone. In other words, more Na would be released if black-liquor particles were moving co-currently with the combustion gases.



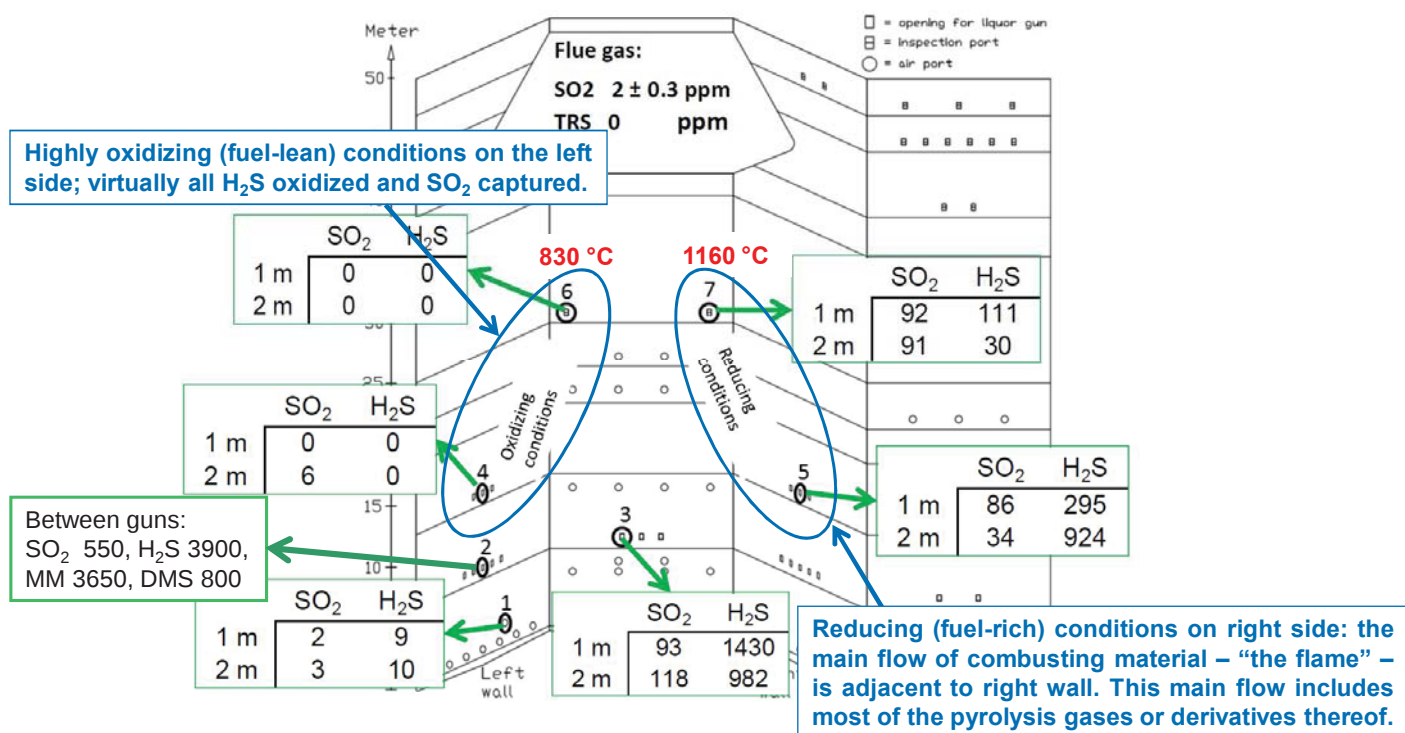
*Jukola, P., Kyttälä, J. and McKeough, P., Predicting sodium release in recovery boilers in conjunction with CFD furnace modelling, Proc. 2014 International Chemical Recovery Conf., Tampere, Finland

Counter-current flows in the recovery-boiler lower furnace

5. Implications of counter-current flows for sulphur capture
 - field data supporting the ideas

Field data generated in the ChemCom 2.0 project

Measurements of gaseous **sulphur** species (concentrations as ppm_v)



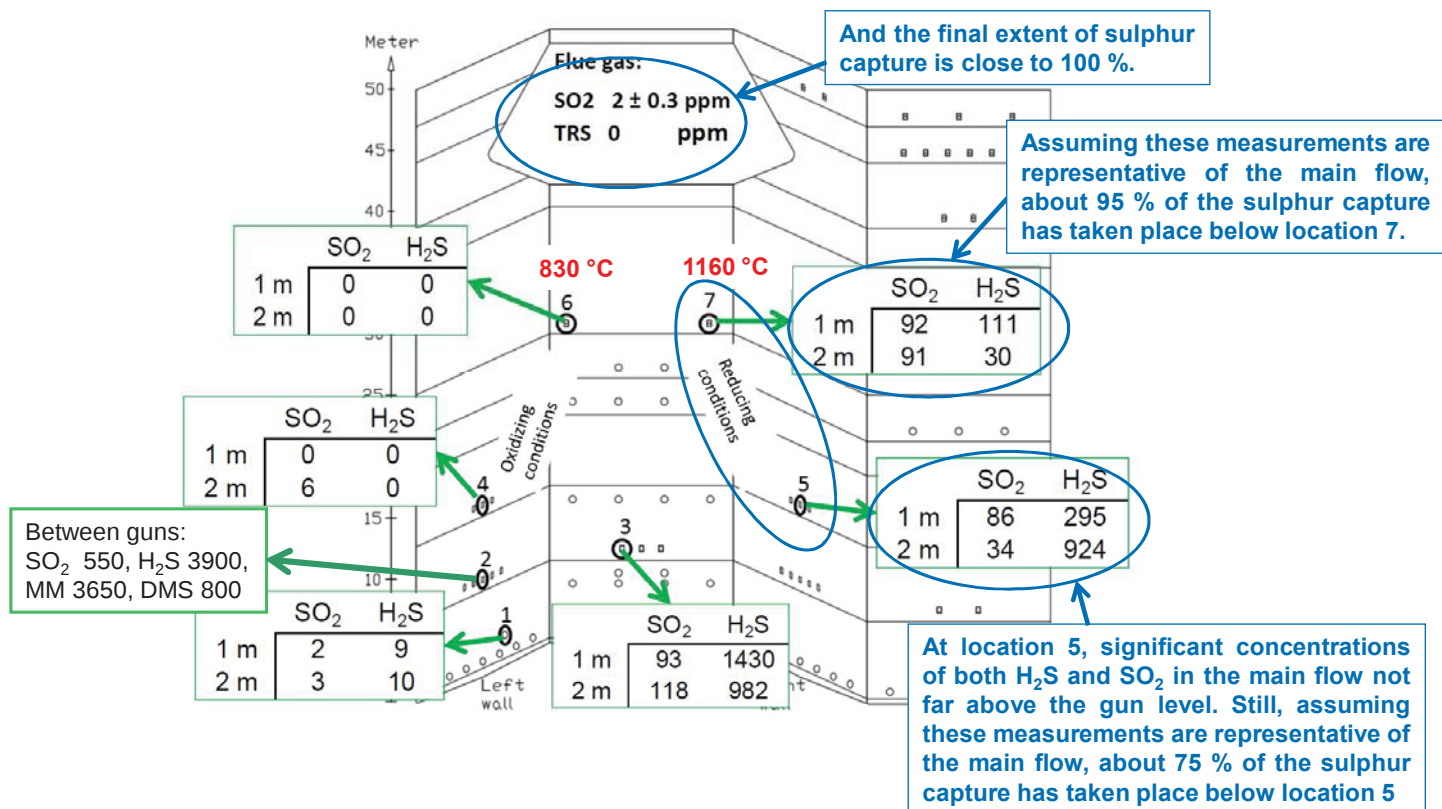
Courtesy of the
ChemCom2 project

39

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Field data generated in the ChemCom 2.0 project

Measurements of gaseous **sulphur** species (concentrations as ppm_v)

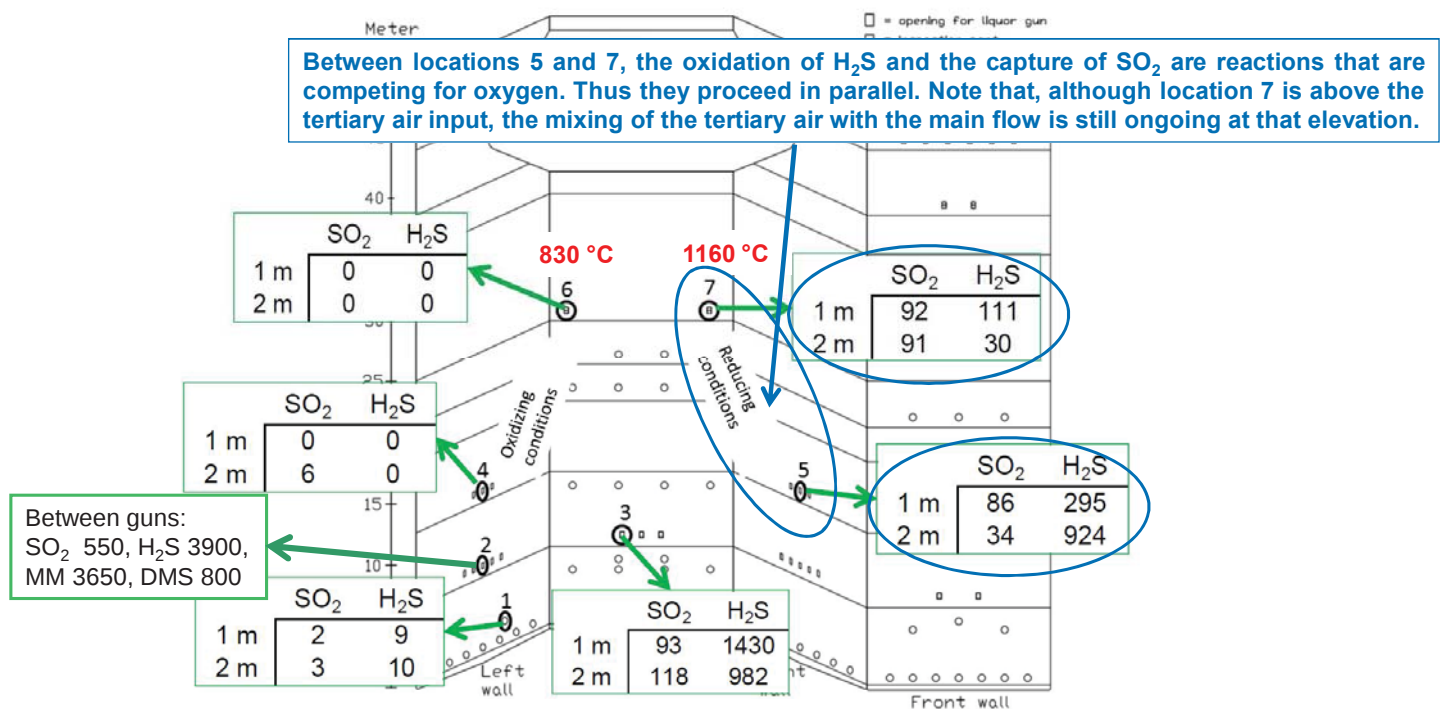


40

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Field data generated in the ChemCom 2.0 project

Measurements of gaseous **sulphur** species (concentrations as ppm_v)



PS: Obviously one has to be cautious in interpreting these measurement data collected from a limited number of locations at different times.

Courtesy of the ChemCom2 project

41

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Counter-current flows in the recovery-boiler lower furnace

6. An aside: carry-over composition vs. smelt composition

42

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Combustion zones in the lower furnace

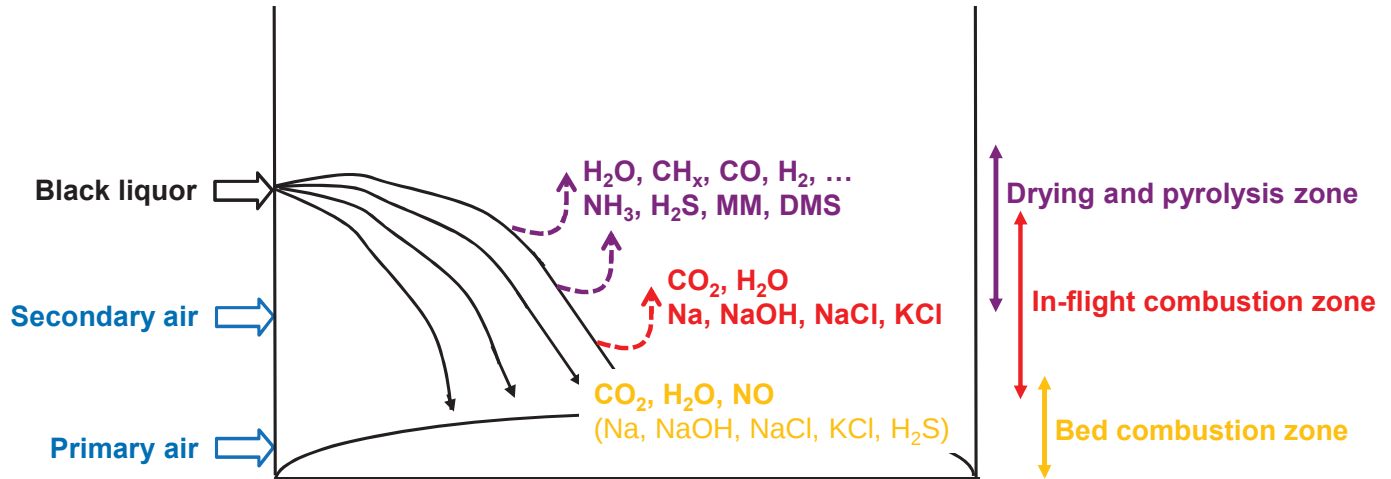
An aside: why carry-over is leaner in CO_3 , K and Cl compared to smelt

Two explanations have been widely postulated:

- reactions occurring in deposits on carry-over collection probes
- reactions occurring as the particles are conveyed upwards from the gun level.

Main reactions postulated:

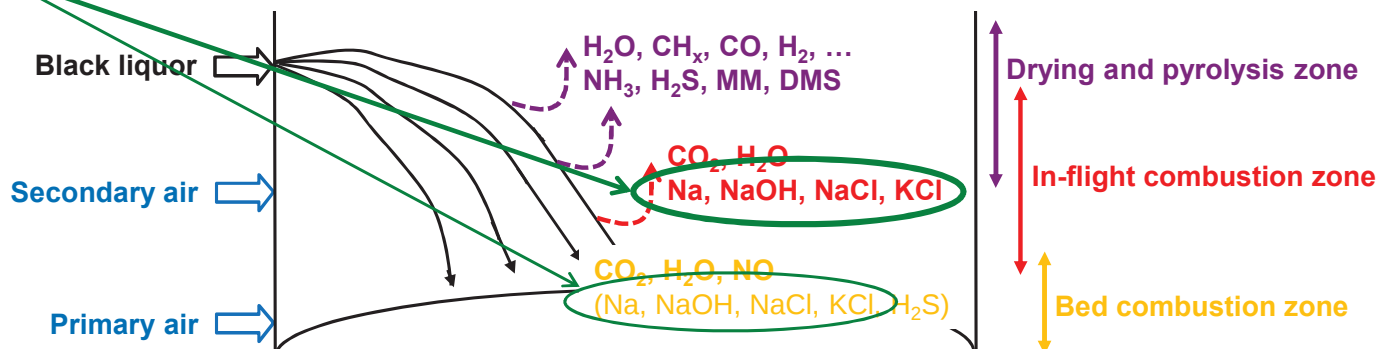
- sulphation of carbonate and chlorides by SO_2 in the combustion gases
- volatilization of chlorides.



Combustion zones in the lower furnace

An aside: why carry-over is leaner in CO_3 , K and Cl compared to smelt

1. The extent of release of Na, K and Cl from char burning in the in-flight combustion zone is much higher than from char burning on the bed.
2. The precursors of carry-over particles are small char particles which have burn in flight.
3. Therefore, compared to the char material burning on the bed and thereby contributing to the smelt, the carry-over material has lost proportionally more Na, K and Cl. A higher extent of release of Na means a lower content of carbonate. Thus the higher sulphate content of carry-over compared to oxidized smelt is mainly due to the disappearance of carbonate and not to the sulphation of carbonate as previously suggested. The relative differences between the extents of release of K and Cl compared to that of Na are expected to be greater for in-flight burning than for burning on the bed. Thus "enrichment" factors are lower for carry-over.



Counter-current flows in the recovery-boiler lower furnace

7. Exploitation of new insights concerning nitrogen chemistry to improve recovery-boiler design rules with respect to NO_x emissions

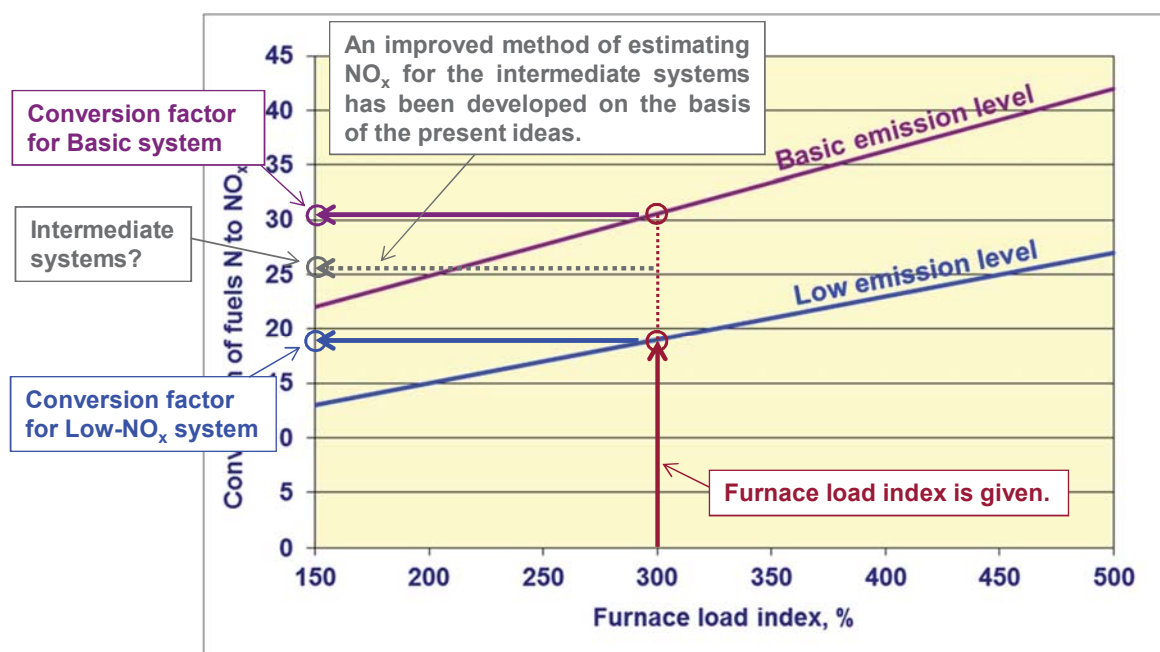
45

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Starting point: Andritz's correlations prior to this study

Published by Saviharju, et al, 2007

Correlations based on extensive field data gathered from numerous boilers



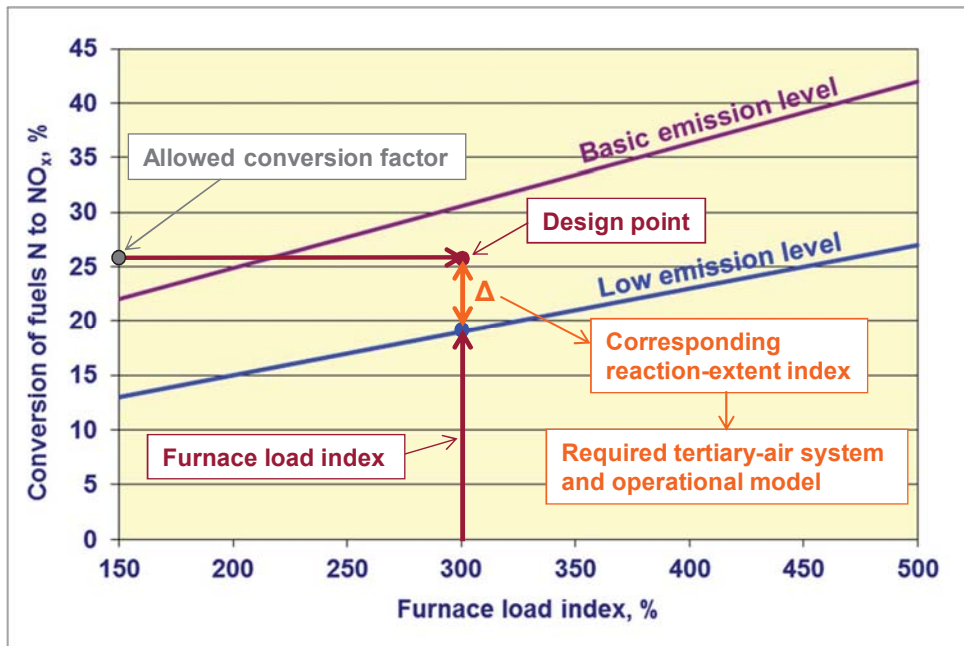
Refer: Saviharju, et al, Distribution of black liquor nitrogen between smelt, NO_x and flue gases in recovery boilers, 2007 International Chemical Recovery Conference, Quebec City, May 29 - June 1, 2007, pp. 589-597.

46

Recovery and Power Division / Counter-Current Flows in Lower Furnace_PMCK_JES_ICRC_8-13.6.2014

Improving Andritz's NO_x-prediction / -design method

For a given NO_x-emission requirement (Conversion of fuels N to NO_x) and a given furnace load index, one can calculate, from the increment, Δ , to be added to the Low Emission Level conversion factor, the corresponding **reaction-extent index**, which is then used to stipulate the required tertiary air delivery system (number of levels, elevations etc.) as well as the required tertiary air operational model.



Conclusions I

In respect of **nitrogen chemistry**:

- Theoretical deliberations have led to the following hypotheses:
 1. Largely as a consequence of the counter-current flow of fuel and gases in the lower furnace, the gas stream immediately above the liquor-gun level contains, on the one hand, significant quantities of NH₃ and combustible fuel-derived components, and, on the other hand, significant quantities of NO.
 2. Beneficial, N₂-forming reactions between these components take place between the liquor-gun level and the final combustion zone (around the highest tertiary-air level).
 3. The effects of variations in tertiary-air delivery on NO_x emission result from changes in the extents of these beneficial reactions.
- These hypotheses are consistent with the results of recent field measurements.
- Based on these hypotheses, an improved method for estimating recovery-boiler NO_x emission as a function of, among other things, the tertiary-air delivery configuration and the tertiary-air operational model has been developed and implemented.

Conclusions II

In respect of **sulphur capture**:

- Theoretical deliberations have led to the following hypotheses:
 1. Largely as a consequence of the counter-current flow of fuel and gases in the lower furnace, the gas stream immediately above the liquor-gun level contains, on the one hand, significant quantities of reduced sulphur compounds and, on the other hand, significant quantities of SO₂.
 2. Only a limited part of the overall sulphur capture occurs below the liquor-gun level – mainly because of limited availability of SO₂.
 3. Sulphur capture proceeds in earnest above the liquor-gun level where availability of O₂ becomes the limiting factor. Oxidation of reduced sulphur gases and sulphur capture occur in parallel above the liquor-gun level. Increasing the elevation of the highest tertiary-air level presumably elongates the sulphur-capture zone.
- These hypotheses are consistent with the results of recent field measurements.
- It was further postulated that the extent of sodium release could be measurably affected by how large a proportion of the overall sulphur capture occurs below the liquor-gun level, with higher proportions tending to enhance sodium release.

Legal Disclaimer

All data, information, statements, photographs, and graphic illustrations contained in this presentation are without any obligation to the publisher and raise no liabilities to ANDRITZ AG or any affiliated companies, nor shall the contents in this presentation form part of any sales contracts, which may be concluded between ANDRITZ GROUP companies and purchasers of equipment and/or systems referred to herein.

© ANDRITZ AG 2011. All rights reserved. No part of this copyrighted work may be reproduced, modified or distributed in any form or by any means, or stored in any database or retrieval system, without the prior written permission of ANDRITZ AG or its affiliates. Any such unauthorized use for any purpose is a violation of the relevant copyright laws.

ANDRITZ

Pulp & Paper

Recovery and Power Division

Any questions?

For further information
please contact:

ANDRITZ Oy – Finland
+358 20 450 5555

pulpandpaper.fi@andritz.com

www.andritz.com

We accept the challenge!

LIITE VI

Muiden työryhmien kuulumiset



Muut työryhmät



SKY Historiikki

- Risto Valkeapää on aloittanut projektin maaliskuussa alussa. Haastatteluihin ja arkistomateriaaliin perustuva kovakantinen kirja valmis joulukuussa 2014.
 - Kevät-Kesä Tehdasvierailut, Varkaus siirtyi syksyyn
 - Kevät-Kesä Viirihenkilöiden haastatteluja
 - Elokuu: arkistokäynnit UPM Valkeakoski, Elinkeinoelämän keskusarkisto, haastattelujen puhtaaksikirjoitusta.
 - Syyskuu: haastattelujen täydennystä, puhtaaksikirjoitusta ja tarkistusta.
 - Lokakuu 2014 haastattelujen puhtaaksikirjoitusta, täydennystä ja tarkistuksia. Esitelmä soodakattilapäiville.
 - Marraskuu: kirjatekstien viimeistelyä ja taittoa
 - Joulukuu: Painoon valmistelua

KTR: Vauriot

- SE Skoghall, Ruotsi – Soodakattilaräjähdys 21.1.2014
 - Liuottajan hönkälinjan pisaranerotuksen ja lämmittimen pesuihin käytetyn veden pääsystä kattilaan. Syöttö kattilaan tertiääri-ilman mukana.
 - Pesuvettä oli kertynyt noin 20 minuutin ajan kanavaan, jonka lauhteenpoisto ei toiminut suunnitellulla tavalla tukkeentumisen vuoksi
- Zellstof Pöls, Itävalta – Soodakattilaräjähdys 23.3.2014
 - Alustavasti tieto kertoo että vuoto oli seinällä compound yläpuolella pinnoitetussa tai päällä hitsatussa putkessa
 - Vain lieriö jäi ehjäksi, yli vuoden remontti
- 5/2014, UPM-Kymmene Oyj, Wisaforest, Vesipainekokeessa todettiin nuohojen 63 väistössä vuoto
- 6/2014, Stora Enso Oyj, Veitsiluodon sellutehdas, Kattoputket³
- 7/2014, Metsä Fibre Oy, Äänekoski, konvektio-osa

KTR: Aktiivihiilen mitoituksen varmistus ja optimointi sekä TOC-reduktion varmistaminen, JPAnalysis / Oulun Yliopisto

- Tarkoitus varmistaa suodattimen mitoitus koeajoilla eri virtaamilla ja selvitetään aktiivihiilisuodattimen kustannukset ja toimittajat. Lisäksi vertaillaan kahden TOC-laitteiston antamia tuloksia
- Raportti saatu -> Reijo Hukkanen kommentoi ennen julkaisua
- Oulun tehtaalla suunnitellaan teollisuusmittakaavan aktiivihiilisuodatinta ioninpoistosarjaan anionivaihtimen jälkeen ennen sekavaihdinta. Vesi-Pauli Oy:n hinta-arvio on noin 200 000 euroa. Hiilen määrä noin 10 m³.

KTR: Suojaussuosituksen päivitys

- Kappale 1 Soodakattila materiaalit ja hitsaukset (KTR):
 - Sihteeri päivittänyt vanhan materiaalin ja teksti käyty läpi KTR:n kokouksessa 14.11.2013, puuttuu teksti päällehitsauksesta
- Kappale 2 Soodakattilapinnoitukset (VTT)
 - VTT päivittänyt pinnoiteosuuden. Osuus hyväksytty 23.1.2013
- Kappale 3 Paineastian korjaukset (KTR)
 - Sihteeri on päivittänyt kappaleen 3 vastaamaan tämän hetken tilannetta. Käytiin läpi ja hyväksyttiin kokouksessa 8.9.2011
- Kappale 4 Soodakattilatarkastukset (Inspecta)
 - Inspecta on päivittänyt suosituksen tarkastusosuuden. Käytiin läpi ja hyväksyttiin kokouksessa 8.9.2011.
- Kappale 5. Soodakattilan vauriot (KTR)
 - Sihteeri kerää viimeisen kymmenen vuoden ajalta tyypillisiä vauriota tietokannasta. Kommentoidaan KTR:n kokouksissa.

5

LTR: Mustalipeän Ei-newtonilaisuus ja pisaroituminen, Labtium/Aalto

- Tavoite ja toteutus:
 - Projektin tuloksena saadaan kattava tietokanta erilaisten lipeiden ei-Newtonilaisesta käyttäytymisestä sekä vaikutuksesta soodakattilan toimintaan, erityisesti mustalipeän ruiskutukseen. Samalla pyritään arvioimaan myös vaikutusta putkivirtauksiin, pumppuihin sekä haihduttamoon.
 - Lisäksi tutkitaan yhdellä tehtaalla on-line viskositeettimittauksen toimivuutta. Analyyseistä vastaa Labtium ja tulosten raportoinnista ja liittämisestä tulokset soodakattilan toimintaan Aalto Yliopisto.

6

LTR: CFD Modeling of Reduced Lignin Black Liquor Combustion, ÅA

Tavoite:

- CFD modeling for studying what operational changes may be needed when firing reduced lignin black liquor, using Wisaforest recovery boiler CFD model.
- Run 1: Base Case, 100% MCR, flue gas O₂ 3% (wet)
- Runs 2 and 3: 10% and 20% lignin removed, total air adjusted for flue gas O₂ 3% (wet), other variables unchanged
- Runs 4-7: 10% & 20% lignin removed, modifications to air distribution and liquor spraying

7

LTR: Single Droplet Combustion and Single Particle Modeling of Reduced Lignin Black Liquor, ÅA

Tavoite:

- Jatkoprojekti CFD-mallinnusprojektille. Tulossa 2015
 - Single particle experiments allow us to measure a number of different combustion characteristics which can be compared with other liquors and in that way provide some basic knowledge about how reduced lignin black liquor is expected to burn in a recovery boiler: swelling, combustion times, NO and cyanate formation and sulfur release.
 - This data can also be used in a single particle model and in CFD models. This is particularly important in understanding NO emissions, carryover, char burn-out, and sulfate reduction.

8

LTR: Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA

Background

- Low temperature corrosion has been observed historically – ex. in the economizer headers
- The cause of this low temperature corrosion was not been established
- General observation was that flue gases needed to be kept ~ 140 °C
- Recent measurements have found no $\text{SO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ or acid dew point in the flue gases from recovery boilers

9

Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA

Objectives

- Long-term: to provide industry with corrosion information that can be utilized to recover additional heat from flue gases
- Short term: test a hypothesis that hygroscopic salts lower the water dew point resulting in dew point corrosion if surface temperatures drop too low

10

Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA

Deliverables – Yr 1 project

- Development of a method to study corrosion at low temperature flue gas conditions (~85-140 °C)
- Completion of 8 runs (2 salts, 4 temperatures, 1 humidity) that will provide some initial information and be the basis for the planning of follow up work next year

11

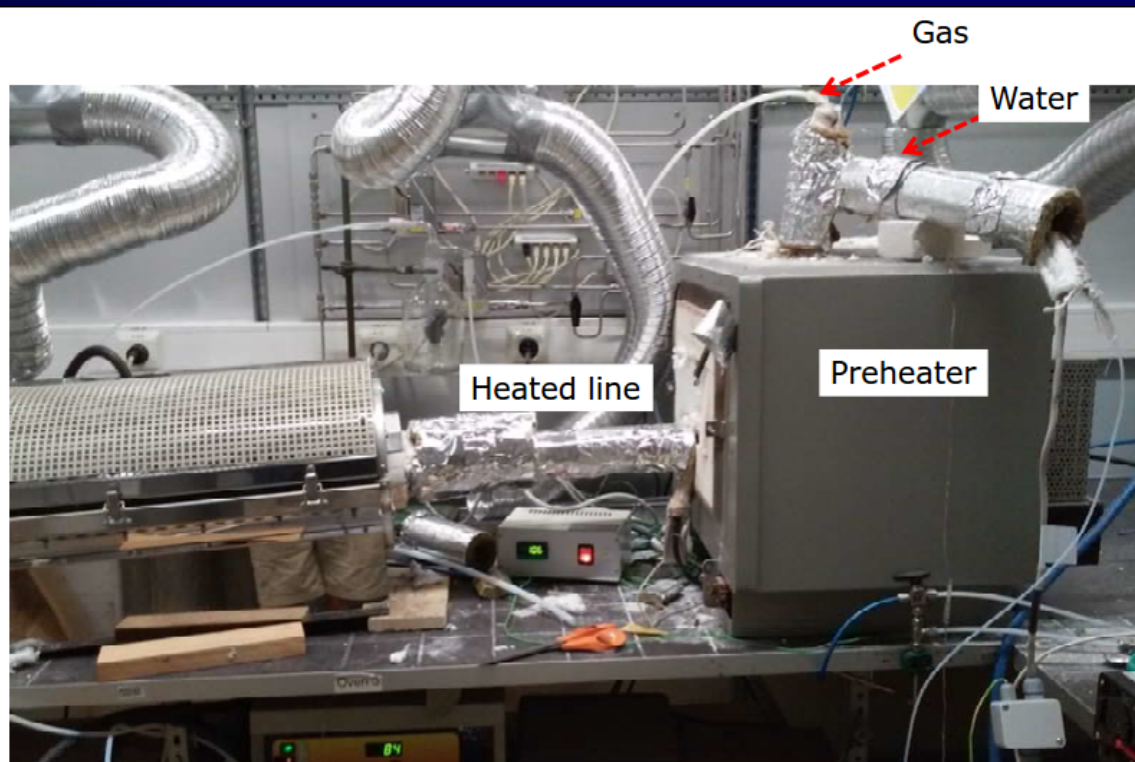
Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA

Status

- Reactor system set-up and is undergoing testing
- Reactor test time will be established (2h expected to be sufficient)
- Experimental tests will be started after system testing is complete

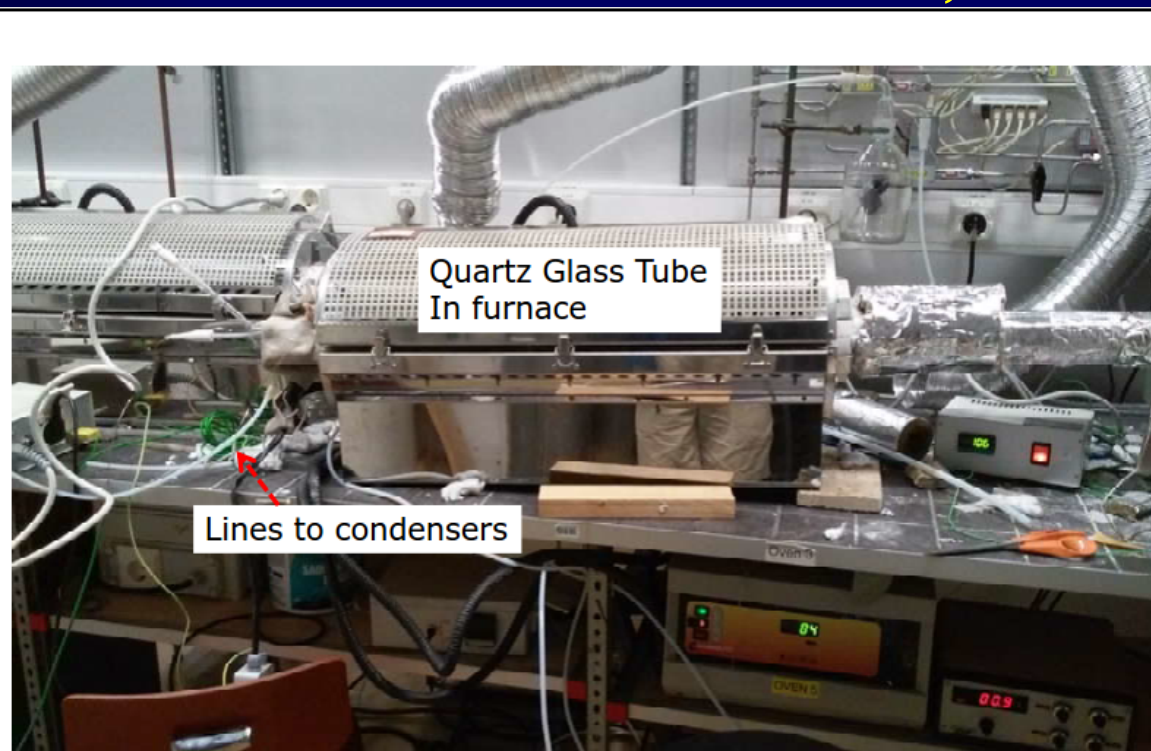
2

Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA



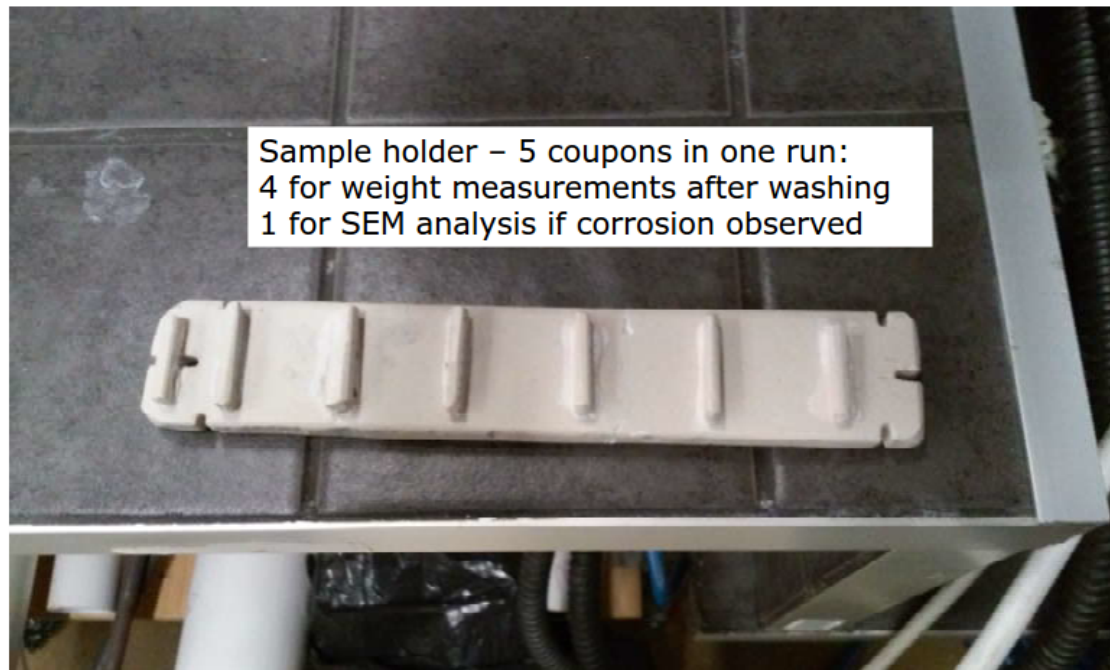
3

Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA



4

Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA



5

Understanding Low Temperature Corrosion in BL Combustion, ÅA

Experimental Matrix

Run	Salt	Humidity (%)	Temp (°C)	Steel
1	Na ₂ SO ₄	60%	125	Carbon Steel
2	Na ₂ SO ₄	60%	115	Carbon Steel
3	Na ₂ SO ₄	60%	105	Carbon Steel
4	Na ₂ SO ₄	60%	85	Carbon Steel
5	NaHSO ₄	60%	125	Carbon Steel
6	NaHSO ₄	60%	115	Carbon Steel
7	NaHSO ₄	60%	105	Carbon Steel
8	NaHSO ₄	60%	85	Carbon Steel

Gas will be a mix of CO₂, H₂O, O₂ and N₂

5

LTR: Black Liquor Evaporation Book

Projektin sisältö ja tavoitteet:

- The book provides introductory text to the basic principles of black liquor evaporation for young engineers in chemical recovery and detailed black liquor properties and scaling chapters which will serve as both a reference, and as a guide to troubleshooting and resolving scaling problems.
- This keeps the scope within the areas of expertise of the authors and also allows us to deliver the completed manuscript by 30 June 2015. Book will be written together with Jim Frederick. This proposal to SKY is for covering Niko DeMartini's portion of the work. The money for Jim Frederick's time is being proposed to AF&PA.

17

Yhdistyksen IT-palvelut

- Pöyry ostaa IT-palvelut nykyään ulkopuolelta, Infosys ja muuta toimijat -> enää ei tehdä mitään itse
- Pöyry siirtynyt Lotus Notesista Outlookin käyttäjäksi
- Yhdistyksen tietokannat (mm. vauriotietokanta, seminaari-ilmoittaminen, projekti-tietokanta) on tehty Notesilla ja ovat Pöyryn palvelimella
 - siirtymäaika muutama vuosi

18



SKY 50-vuotta + ICRC 2014



SKY 50 + ICRC 2014

- 9. - 12.6.2014 Tampereella, Tampere-talo
- 11.6. yhdistyksen 50-vuotisjuhlaseminaari + päivällinen
- Ilmoittautuneita yhteensä 223 hlö
- Perjantaina 13.6. tehdasvierailu Kymin sellutehtaalle ja vierailu Verlan museotehtaalla. Isäntinä Esa Vakkilainen (LUT) ja Pekka Siiskonen (Valmet)



Soodakattilapäivä 2014

21



Soodakattilapäivä 2014

- 30.10.2014 Tampereella, Cumulus Koskikatu
- Ilmoittautuneita 54 hlö (7.10.)
- Ohjelma <http://www.soodakattilayhdistys.fi/toiminta5.html>
- 28-30.10 Energiamessut Tampereen Messu- ja Urheilukeskuksessa

22

Opinnäytetyöpalkinto

- Kolme hakemusta:
 - Fanni Mylläri, TTY: Gas–particle equilibrium of alkali metal compounds studied in an aerosol test reactor
 - Kalle-Valtteri Ukonaho, Aalto University, Forest products technology: Methanol balance of digestion and evaporation plant and methanol utilization possibilities for a kraft pulp mill
 - Antti Kokkonen, University of Oulu, Control Engineering Laboratory: Influence of Kraft recovery boiler's main control parameters on reduction degree
- Palkinto myönnettiin Antti Kokkoselle, Oulun yliopisto/Metso Automation:

23

Opinnäytetyöpalkinto

- Työn tarkoituksena oli tutkia soodakattilan tärkeimpien ohjaussuureiden vaikutusta reduktioasteeseen ja arvioida Metso Recovery Analyzerin online reduktioastemittauksen suorituskykyä oikeassa soodakattilaympäristössä.
- Tavoitteena oli selvittää, millä ohjaussuureella on ilmeisin vaikutus reduktioasteeseen, ja kykeneekö analysaattorin reduktioastemittauksella havaitsemaan prosessissa tapahtuvia muutoksia. Soodakattilan poltto-olosuhteita muutettiin koesuunnitelman mukaisilla askelkokeilla.
- Tutkittavat ohjaussuureet olivat lipeän lämpötila (pisarakoko), primääri-ilmamäärä ja sekundääri-ilmamäärä. Askelkokeita tehtiin kahdella eri soodakattilalla ja niiden lisäksi selvitettiin myös lipeäkuorman vaikutusta reduktioasteeseen tutkimalla kattiloiden historia-ajodataa. Analysaattorin suorituskykyä arvioitiin vertaamalla mitattuja reduktioastearvoja teorian perusteella odotettavissa oleviin muutoksiin.

24

Opinnäytetyöpalkinto

Tuomariston kommentit Kokkosen työhön:

- Työ oli selkeä ja helposti ymmärrettävä soodakattilan parissa työskentelevälle
- Käytännön läheinen työ tuotannossa olevalla kattilalla -> haastava tehtävä mutta tulosten perusteella tässä kuitenkin onnistuttiin
- Käytetyt menetelmät ja mittaustulokset on esitetty selkeästi ja niistä tehdyt tulkinnat sekä johtopäätökset ovat johdonmukaisia
- Toi uutta tietoa reduktiosta

25

Konemestaripäivä 2015

26



Konemestaripäivä 2015

- Alustavasti Raumalla, Cumulus-hotellissa 28.- 29.1.2015
- Tehdasvierailu Metsä Fibren Rauman tehtaalle